

20.279/H/04



BILIK PERPUSTAKAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH - NOPEMBER

## TUGAS AKHIR

(KL 1702)

### STUDI PENGARUH BATTER PADA KEKUATAN DAN BIAYA KONSTRUKSI DARI JACKET KAKI EMPAT



Rske  
627-28  
Mur  
5-1  
2004

Oleh :

**ALI MURTOYO**

NRP. 4399100024

PERPUSTAKAAN  
ITS

Tgl. Terima	26-5-2004
Terima Dari	HI
No. Agenda Prp.	220160

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA**

2004

# STUDI PENGARUH BATTER PADA KEKUATAN DAN BIAYA KONSTRUKSI DARI JACKET KAKI EMPAT

## TUGAS AKHIR (KL 1702)

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Untuk Menyelesaikan Studi Program Sarjana

Pada

Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Mengetahui/Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Daniel M. Rosyid  
NIP. 131 782 038



Ir. J.J. Soedjono, Msc  
NIP. 130 359 270

Surabaya  
2004

## ABSTRAK

Perancangan struktur bangunan lepas pantai tidak terlepas dari kekuatan struktur serta biaya konstruksi yang harus dikeluarkan. Dalam aplikasi di dunia nyata keseimbangan diantara keduanya selalu dituntut, bila rancangan seorang insinyur bisa diterima oleh pemilik modal.

Studi ini mengkaji lebih dalam pengaruh *batter* (kemiringan kaki jacket) terhadap kekuatan struktur dan biaya konstruksi jacket kaki empat. Jacket kaki empat yang ditinjau adalah jenis *single batter* dan *double batter* dengan menggunakan batter 1:8, 1:10, 1:12, 1:14. Kekuatan struktur ditinjau berdasarkan kriteria harga rasio interaksi, tegangan *punching shear* (tegangan yang terjadi pada sambungan) serta umur struktur (*fatigue life*). Untuk biaya konstruksi dicari model matematis pengaruh *batter* terhadap biaya total konstruksi *jacket*.

Jacket kaki empat jenis *double batter* lebih baik dibandingkan jenis *single batter*, hal tersebut dianalisa dari sisi kekuatan dengan kriteria harga rasio interaksi, *punching shear*, umur struktur dan biaya konstruksi total. Harga rasio interaksi berkurang  $\pm 19.2\%$ , *actual / allowable punching shear* berkurang  $\pm 19.0\%$ , tegangan *punching shear (inplane bending)* naik  $\pm 19.6\%$ , umur struktur naik  $\pm 6.3\%$  dan biaya konstruksi total naik  $1.4\%$ .

Sedangkan pengaruh *batter* (kemiringan kaki jacket) terhadap harga rasio interaksi, tegangan *punching shear*, *actual / allowable punching shear* dan biaya konstruksi total semakin besar dengan bertambahnya *batter*. Adapun umur struktur semakin berkurang.



## KATA PENGANTAR

Assalammu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT sebagai Tuhan penulis yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya yang sering terlupakan, terima kasih teramat besar kepada kedua orang tua dan kakak tercinta, kedua dosen pembimbing serta terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan segenap kemampuan penulis. Tugas Akhir ini berjudul **"Studi Pengaruh Batter Pada Kekuatan Dan Biaya Konstruksi Dari Jacket Kaki Empat"**.

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi kesarjanaan (S1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Tugas akhir ini menganalisa pengaruh *batter* (kemiringan jacket) terhadap kekuatan dan biaya konstruksi. Kekuatan struktur disini ditinjau dari tiga parameter yaitu rasio interaksi, tegangan *punching shear*, dan umur kelelahan struktur. Sedangkan untuk biaya mencari model matematis untuk hubungan biaya total dengan pengaruh *batter*.

Penulis menyadari dalam melakukan penelitian ini masih banyak kekurangan, dan berharap masukan yang dapat menyempurnakannya. Saya berharap penelitian ini bermanfaat bagi perkembangan teknologi dalam bidang rekayasa kelautan, bagi pembaca dan penulis pada khususnya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, 10 Mei 2004

Penulis



## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih dan puji syukur kepada Alloh SWT yang telah memberi banyak karunia sehingga tak kuasa mengingatnya, semoga dalam lindungan dan berkahnya penulis dapat melakukan hal yang berguna dan lebih baik lagi. Kepada dua orang tua dan kakak, adik tercinta atas dukungan, kepercayaannya, harapan dan do'a yang diberikan dengan ketulusan hati. Untuk Okty makasih banyak atas bantuan, perhatian dan semangat. Untuk bangsa yang lagi terpuruk percayalah terhadap komitmen saya, satu hal yang tetap saya pegang : Indonesia lebih besar dari sekumpulan politisi yang sering melupakan kaum miskin.

Teknik Kelautan – FTK – ITS sebagai almamater tercinta dan yang dibanggakan terimakasih atas segalanya, kamu akan selalu mengisi ruang dalam dada. Untuk Dr. Ir. Daniel M. Rosyid dan Ir. J.J. Soedjono, Msc selaku dosen pembimbing terima kasih atas bantuan yang tak ternilai semoga suatu saat nanti penulis dapat membalas atas kontribusinya selama ini. Kepada Kajur Teknik Kelautan Ir. Imam Rochani, Msc, Staff Pengajar dan segenap karyawan, serta Kepala Lab. Opres Ir Moerdjito, M.eng terima kasih banyak atas bantuan, kontribusi, fasilitas yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dan studinya.

Buat teman-teman kelautan terima kasih banyak : Medi and Qosrul ayo TAny diselesaikan dan wisuda bareng kan bisa jadi sarjana bareng, Fer matur suwun bantuan strudl dan lain-lain, Mat cepet lulus supaya iso kawin (oyo turu ae), Fahmi awas DO thank gambar tekniknya, Gempur selamat akhirnya punya

## DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan
Abstrak
Kata Pengantar
Ucapan Terimakasih
Daftar Isi
Daftar Gambar
Daftar Tabel
Lampiran

<b>Bab I</b>	<b>Pendahuluan</b>	<b>I-1</b>
I.1.	Latar Belakang Masalah	I-1
I.2.	Perumusan Masalah	I-2
I.3.	Tujuan	I-2
I.4.	Manfaat	I-2
I.5.	Batasan Masalah	I-3
I.6.	Metodologi penelitian	I-4
I.7.	Sistematika Penulisan	I-6
<b>Bab II</b>	<b>Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori</b>	<b>II-1</b>
2.1.	Tinjauan Pustaka	II-1
2.2.	Landasan Teori	II-2
2.2.1.	Konsep Perancangan Struktur Jacket	II-2
2.2.1.1.	Geladak dan Bangunan Atas	II-2
2.2.1.2.	Jacket	II-3
2.2.1.3.	Tiang Pancang	II-10
2.2.2.	Kekuatan Struktur Jacket	II-11
2.2.2.1.	Kekuatan Elemen Struktur Akibat Benturan	II-11
2.2.2.2.	Kekuatan Statis Sambungan	II-13



2.2.3.	Bending-Stress Amplification	II-17
2.2.4.	Kriteria Tegangan Desain untuk Elemen Baja	II-19
2.2.5.	Rasio interaksi	II-22
2.2.6.	Teori Gelombang	II-27
2.2.6.1.	Teori Gelombang Non Linier dari Stokes	II-28
2.2.7.	Gaya Gelombang pada Silinder	II-33
2.2.8.	Beban Arus	II-35
2.2.9.	Beban Angin	II-36
2.2.10 .	Pembebanan	II-37
2.2.10.1.	Beban Mati	II-38
2.2.10.2.	Beban Hidup	II-38
2.2.10.3.	Beban Lingkungan	II-39
2.2.10.4.	Beban Akibat Kecelakaan	II-39
2.2.11.	Fatigue	II-40
2.2.11.1.	Kurva S-N	II-41
2.2.11.2.	Hukum Palmgren-Miner	II-43
2.2.11.3.	Faktor Konsentrasi Tegangan	II-45
2.12.	Kekuatan Sambungan Turbular	II-50
2.12.1..	Punching Shear	II-50
2.12.2.	Beban Nominal	II-51
2.13.	Biaya Konstruksi	II-52

<b>BAB III</b>	<b>Perancangan Dan Pemodelan Struktur</b>	<b>III-1</b>
3.1.	Geometri Struktur dan Penentuan Tubular	III-1
3.1.1.	Luasan Deck	III-1
3.1.2.	Beban pada Main Deck dan Heli Deck	III-3
3.1.3.	Plate, Girder dan Stiffner	III-4
3.1.3.1.	Main Deck	III-4
3.1.3.2.	Heli Deck	III-5
3.1.3.3.	Main Girder	III-6
3.1.4.	Penentuan Ukuran Tubular	III-16

3.1.4.1	Kaki Jacket	III-16
3.1.4.2	Brace Horizontal	III-17
3.1.4.3	Brace Diagonal	III-18
3.2.	Pemodelan Struktur	III-25
3.2.1.	Data Lingkungan	III-26
3.2.2.	Data Struktur	III-28
3.2.3.	Penentuan Teori Gelombang	III-28
3.3.	Batter pada Jacket Kaki Empat	III-29
<b>BAB IV</b>	<b>Analisa dan Pembahasan</b>	<b>IV-1</b>
4.1.	Analisa Data	IV-1
4.1.1.	Kekuatan Struktur	IV-1
4.1.1.1.	Rasio Interaksi	IV-2
4.1.1.2.	Punching Shear	IV-4
4.1.1.3	Fatigue	IV-7
4.1.2.	Biaya Konstruksi	IV-9
4.2.	Pembahasan	IV-21
4.2.1	Kekuatan Struktur	IV-21
4.2.1.1.	Rasio interaksi	IV-21
4.2.1.2.	Punching Shear	IV-22
4.2.1.3.	Fatigue	IV-24
4.2.2	Biaya konstruksi	IV-25
<b>BAB V</b>	<b>Kesimpulan dan Saran</b>	<b>V-1</b>
V.1.	Kesimpulan	V-1
V.2.	Saran	V-3

Daftar Pustaka

Lampiran



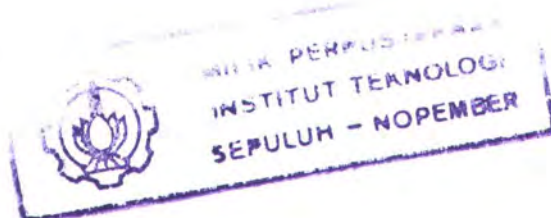
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Tabel rasio D/t komponen tubular struktur rangka anjungan	II-8
Tabel 3.1.1.	Fasilitas dan ukuran peralatan	III-1
Tabel 3.1.2.	Ukuran tubular	III-19
Tabel 3.2.1.	Data gelombang, arus dan angin	III-26
Tabel 3.2.2.	Data kecepatan arus	III-27
Tabel 3.2.3.	Data fatigue gelombang	III-27
Tabel 3.2.4.	Data lingkunga kondisi badai dan operasional	III-27
Tabel 4.1.1.1.1.	Nilai rasio interaksi kondisi exstrem	IV-2
Tabel 4.1.1.1.2.	Nilai rasio interaksi kondisi operasional	IV-2
Tabel 4.1.1.1.3.	Kenaikan (%) nilai rasio interaksi terhadap pengaruh batter	IV-3
Tabel 4.1.1.2.1.	Nilai punching shear single batter kondisi exstrem	IV-4
Tabel 4.1.1.2.2.	Nilai punching shear double batter kondisi extrem	IV-4
Tabel 4.1.1.2.3	Kenaikan (%) punching shear double batter terhadap single batter kondisi exstrem	IV-4
Tabel 4.1.1.2.4.	Nilai punching shear single batter kondisi operasional	IV-5
Tabel 4.1.1.2.5.	Nilai punching shear double batter kondisi operasional	IV-5
Tabel 4.1.1.2.6.	Kenaikan (%) punching shear double batter terhadap single batter kondisi operasional	IV-5
Tabel 4.1.1.2.7.	Kenaikan (%) stress punching shear terhadap pengaruh batter	IV-6
Tabel 4.1.1.2.8.	Kenaikan (%) actual/allowable punching shear terhadap pengaruh batter	IV-6
Tabel 4.1.1.3.1.	Prediksi umur struktur	IV-7
Tabel 4.1.1.3.2.	Kenaikan (%) umur struktur terhadap pengaruh batter	IV-7
Tabel 4.1.2.1.	Histori fabrikasi jacket.	IV-9
Tabel 4.1.2.2.	Berat jacket kaki 4 dari hasil perancangan	IV-11

Tabel 4.1.2.3.	Kenaikan (%) berat jacket terhadap pengaruh batter	IV-11
Tabel 4.1.2.4.	Biaya konstruksi jacket kaki 4	IV-12
Tabel 4.1.2.5.	Biaya konstruksi total jacket	IV-19
Tabel 4.1.2.6.	Kenaikan (%) biaya konstruksi total terhadap pengaruh batter	IV-19



Gambar 4.1.1.1.	Hubungan batter dengan nilai rasio interaksi	IV-3
Gambar 4.1.1.2.1.	Hubungan batter dengan tegangan punching shear	IV-6
Gambar 4.1.1.2.1.	Hubungan batter dengan tegangan actual/allowable	IV-7
Gambar 4.1.1.3.	Hubungan batter dengan fatigue years	IV-8
Gambar 4.1.2.1.	Hubungan berat struktur dengan biaya konstruksi per ton	IV-9
Gambar 4.1.2.2.	Hubungan batter dengan berat konstruksi jacket kaki 4	IV-12
Gambar 4.1.2.3.	Hubungan batter dengan biaya konstruksi per ton	IV-13
Gambar 4.1.2.4.	Hubungan batter dengan biaya total konstruksi jacket kaki4	IV-20



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**







yang murah. Secara teknik semakin kuat bangunan dirancang maka biaya konstruksi semakin mahal.

Dengan mengacu pemikiran tersebut penelitian ini berusaha mengkaji lebih dalam pengaruh kemiringan batter *jacket* terhadap kekuatan dan biaya konstruksi untuk kedua jenis *jacket* yang banyak digunakan yaitu jenis *single batter* dan *double batter*.

## 1.2. Perumusan Masalah

1. Seberapa besar pengaruh *batter* terhadap kekuatan struktur pada *jacket* kaki empat.
2. Bagaimana hubungan biaya konstruksi terhadap pengaruh *batter* pada *jacket* kaki empat.

## 1.3. Tujuan

1. Mengetahui seberapa besar pengaruh *batter* terhadap kekuatan struktur pada *jacket* kaki empat.
2. Mengetahui pengaruh batter terhadap biaya konstruksi pada *jacket* kaki empat.

## 1.4. Manfaat

Sebagai bahan pertimbangan dalam perancangan *jacket*, khususnya *jacket* kaki empat jenis *single batter* dan *double batter* yang



### Metodologi yang dipakai :

1. Pengumpulan data histori fabrikasi *jacket* kaki empat dan data lingkungan yang meliputi data gelombang, angin, dan arus.
2. Merancang *jacket* kaki empat jenis *single batter* dan *double batter* serta menentukan ukuran *tubular* member untuk *batter* 1:8, 1:10, 1:12, 1:14 dengan acuan *batter* 1:12 jenis *double batter*.
3. Memodelkan struktur *jacket* jenis *single batter* dan *double batter* dengan *batter* 1:8, 1:10, 1:12, 1:14.
4. Analisa statis struktur.
5. Menghitung besarnya rasio interaksi dan *punching shear* dan memeriksanya dengan code *API RP 2A*, bila tidak memenuhi code *API RP 2A* diadakan perubahan ukuran *tubular*.
6. Analisa dinamis struktur.
7. Menghitung besarnya umur kelelahan memeriksanya dengan code *API RP 2A*, bila tidak memenuhi code *API RP 2A* diadakan perubahan ukuran *tubular*.
8. Analisa kekuatan struktur yang meliputi *rasio interaksi*, *punching shear*, dan umur kelelahan struktur untuk kedua jenis *jacket single batter* dan *double batter* akibat pengaruh *batter*.
9. Analisa biaya konstruksi akibat pengaruh *batter*.
10. Selesai.



*double batter* dengan *batter* 1:8 , 1:10 , 1:12, 1:14 dari proses pemodelan beban untuk beban operasional dan beban lingkungan sampai kedalam penentuan ukuran – ukuran dan dimensi *jacket*.

#### **Bab IV Analisa dan Pembahasan**

Bab ini menjelaskan tahapan – tahapan analisa kekuatan *jacket* single batter dan double batter akibat pengaruh perubahan *batter*, tinjauan kekuatan pada rasio interaksi (*IR*), *punching shear* dan *fatigue life*. Yang kedua akan dianalisa biaya konstruksi *jacket* akibat perubahan *batter* pada kedua jenis *jacket*.

#### **Bab V Kesimpulan dan Saran**

Bab ini berisi ringkasan analisa hasil kekuatan struktur dan biaya konstruksi dari *jacket* kaki empat jenis *single batter* dan *double batter* serta saran – saran yang dapat diperhatikan dan diteliti lebih jauh dari pengguna hasil studi ini.



## **BAB II**

# **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**



MILIK PERPUSTAKAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH - NOPEMBER



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Perkembangan teknologi dibidang rekayasa bangunan lepas pantai telah berkembang dengan begitu pesatnya. Tidak terkecuali untuk *jacket* (struktur terpancang). Usaha optimalisasi *jacket* telah banyak dilakukan oleh ahli-ahli dibidang ini. Dalam penelitian ini akan dikaji dan dianalisa lebih mendalam pengaruh *batter* pada *jacket* kaki empat dari aspek kekuatan dan biaya konstruksi untuk jenis *single batter* dan *double batter*.

Kemiringan kaki *jacket* berguna untuk menahan beban lateral yang mengenai struktur. Kemiringan kaki *jacket* yang umum digunakan adalah 1:8 sedangkan untuk laut dalam kemiringan kaki *jacket* yang umum digunakan adalah 1:16 hingga 1:20 (Drawe, 1986).

Kemiringan kaki *jacket* (*batter*) pada *jacket* kaki tiga (tripod) mempengaruhi translasi, rotasi, tegangan aksial, tegangan akibat bending, tegangan geser, tegangan geser torsional, tegangan majemuk (aksial dan bending) semakin besar dengan semakin besar kemiringan kaki *jacket* dengan indeks struktural yang sama (Royke, 2000).

Bila ditinjau dari efisiensi tiang pancang, harga *batter* yang besar dapat mengurangi defleksi yang terjadi pada tiang pancang. Untuk *batter* 1:12 dapat mengurangi defleksi tiang pancang sebesar  $\pm 40\%$ ,





sedangkan *batter* 1:8 dapat mengurangi defleksi tiang pancang sebesar  $\pm 60\%$  (Graff, 1981).

Tujuan setiap analisa struktur adalah untuk memastikan bahwa besaran-besaran respon yang terhitung (terutama tegangan dan lendutan) bagi model struktur yang ditinjau berada dalam harga-harga yang diijinkan. Langkah pertama dalam analisa ini adalah menentukan model geometris struktur (Rosyid, 1996).

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Konsep Perancangan Struktur Jacket

*Jacket Steel platform* merupakan tipe bangunan lepas pantai yang terpancang (*fixed tructure*). Konstruksi *jacket steel platform* pada dasarnya terdiri atas tiga bagian utama yaitu geladak dan bangunan atas (*deck atau substructure*), *jacket*, tiang pancang.

#### 2.2.1.1. Geladak dan bangunan atas (*deck atau substructure*)

Konstruksi geladak beserta fasilitas yang ada di atasnya merupakan fasilitas utama *jacket* yang menentukan fungsionalitas struktur. Konstruksi geladak berada pada ketinggian tertentu dari permukaan air tenang (SWL) sehingga tidak terjangkau oleh gelombang laut. Konstruksi geladak terdiri dari atas beberapa kelompok jenis konstruksi dimana jumlah, kelengkapan dan fasilitas yang ada pada geladak tergantung fungsi dari *jacket platform* tersebut dioperasikan.





Perancangan geladak dimulai dengan perkiraan beban geladak. Beban ini dihitung oleh *process engineer* pada tahap perancangan konseptual. Selanjutnya, beban terdistribusi *upper bound* dipakai untuk menentukan ukuran tebal plat dan balok-balok geladak. Ukuran awal kaki geladak dilakukan sebagai berikut:

1. Diameter luar kaki geladak dipilih sama dengan diameter luar tiang pancang.
2. Menghitung jari-jari girasi  $r$  kaki geladak, sekitar  $0,35 D$ . Tergantung pada tumpuan ujung kaki geladak, suatu faktor panjang efektif untuk buckling  $k$  dipilih. Rasio kerampingan  $kl/r$  kemudian dihitung. Dengan  $kl/r$  diketahui, harga tegangan aksial yang diijinkan dapat dihitung.
3. Hitung beban aksial dan momen maksimum pada kaki geladak.

Memilih tebal kaki geladak, menghitung tegangan aksial dan tegangan lengkung dihitung, dan rasio interaksi dihitung sampai rasio interaksi ini lebih kecil dari satu.

#### **2.2.1.2. Jacket**

*Jacket* merupakan badan atau kerangka *jacket steel platform* yang sebagian besar terdiri atas pipa *tubular*. Fungsi utama dari struktur *jacket* adalah untuk menopang konstruksi geladak serta fasilitas produksi yang ada dan menahan struktur dari beban lateral serta momen guling akibat beban lingkungan (gelombang, arus dan angin).



sambungan las, ditumpu jepit, dan struktur rangka anjungan ini memiliki derajat ketidaktentuan yang tinggi. Hal ini mempersulit penentuan ukuran rangka. Hampir seluruh rangka struktur anjungan mengalami beban kombinasi tekan dan momen lengkung selama tersapu gelombang, misalnya selama hidupnya. Dengan demikian, parameter perancangan yang paling menentukan adalah resiko kerampingan  $kl/r$ .

Untuk penentuan ukuran awal struktur penyangga utama, pengalaman menunjukkan bahwa  $kl/r$  antara 80 dan 90 menghasilkan hasil yang memadai. Untuk kasus Indonesia, harga tersebut dapat diperbesar, misalnya diperamping, hingga  $kl/r = 110$ . Untuk bagian struktur penyangga yang lebih sekunder, angka  $kl/r$  ini dapat diperbesar.

Di daerah pengaruh gelombang cukup signifikan, antara LAT+5 m hingga -8 m jumlah elemen dan sambungan struktur sebaiknya dibuat sekecil mungkin. Karena elemen didaerah ini sangat sulit untuk dilindungi dari korosi, fatigue, akibat splash zone dan inspeksi karena pengaruh gelombang.

Pola perangkaan struktur *jacket* anjungan umumnya adalah diagonal-tunggal dan pola K. Akhir-akhir ini semakin banyak dipakai pola perangkaan silang X untuk memperpendek panjang efektif rangka tanpa mengurangi kekakuan struktur rangka *jacket*. Apabila satu kaki rangka X dalam keadaan tertekan dan yang lain tertarik, maka bagian yang tertarik akan menahan bagian yang tertekan dari lendutan keluar bidang pada pertemuan kedua rangka tersebut, dan diameter kedua rangka tersebut





dapat dikurangi (berpijak pada rasio kerampingan  $kl/r$ ), sehingga mengurangi beban gelombang pada anjungan. API RP2A merekomendasikan pola perangkaan X ini untuk anjungan pada lokasi rawan gempa.

### 3. Sambungan Antar Elemen dan *Tubular joint*

Dalam perencanaan suatu *jacket platform*, ada beberapa jenis tipe sambungan yang dimungkinkan, yakni:

1. Sambungan tubular (*tubular joints*): sambungan brace/brace atau brace/leg.
2. Sambungan las (*welded connection*) antara tiang pancang (pile) dan kaki *jacket* pada puncak struktur *jacket*.
3. Sambungan antara tiang pancang dengan kaki deck (deck leg) sekitar 1.5 m diatas sambungan tiang pancang dengan kaki *jacket*.
4. Sambungan *gorunted* antara tiang pancang (pile) dengan kaki *jacket*.

Secara umum, jumlah sambungan pada elemen *jacket platform* dibuat seminimal mungkin untuk menghindari jumlah lasan dan penebalan/cans. Sebagai sambungan pada struktur *jacket* dapat berupa sambungan las maupun sambungan cor. Untuk struktur diperairan dalam dan beban dinamis/fatigue cukup dominant maka elemen sambungan besi cor merupakan salah satu solusi.





Karakteristik penting sambungan tubular adalah kestabilan penampang sebuah rangka tubular yang dinyatakan dalam rasio diameter/tebal dinding  $D/t$  yang juga menunjukkan kestabilan terhadap buckling lokal dan *hydrostatic collapse*. Sebuah petunjuk kasar untuk memperoleh tebal  $t$  minimum dinding rangka tubular setelah diameter  $D$  nya ditentukan diperlihatkan dalam tabel berikut:

**Tabel 2.1. Tabel rasio  $D/t$  untuk berbagai komponen tubular struktur rangka anjungan**

Komponen rangka	$D/t$
Kaki struktur	45
Sambungan kaki	30-35
Brace	40-60
Seksi sambungan brace	35-40
Kaki geladak	35-40
Brace truss geladak	35-45

Faktor-faktor ini, bersama-sama dengan rasio kerampingan  $kl/r$  dan kapasitas tiang pancang yang direkomendasikan dapat dipakai untuk memperoleh ukuran awal struktur yang agak konservatif untuk anjungan dilaut dangkal dan menengah.

Harus dicatat bahwa sementara perancang struktur memilih untuk *undersize* ukuran struktur tersebut pada awal proses perancangan, berpikir bahwa komponen struktur yang terlanjur *oversized* cenderung



untuk tidak dikurangi ukurannya selama proses analisis. Untuk sikap seperti ini, prosedur yang baru dibahas mungkin akan menghasilkan struktur yang tidak ekonomis.

Untuk anjungan dilaut yang lebih dalam, perhatian ditujukan terutama untuk mengurangi beban gelombang yang merupakan penyumbang terbesar bagi seluruh lateral pada anjungan, dan dengan demikian, tegangan pada komponen tubular struktur. Sekalipun kesetiaan pada petunjuk perancangan yang sudah ada dapat menghasilkan rancangan yang efisien, namun pertimbangan kelelahan dapat menjadi semakin dominant yang menentukan perancangan komponen tersebut. Juga dengan naiknya peluang terjadinya *hydrostatic collapse*, kecenderungan pedoman perancangan untuk anjungan di laut dalam adalah memperkecil  $D/t$  dan memperbesar  $kl/r$ .

Prosedur penentuan ukuran awal struktur penyangga anjungan dapat diringkas sebagai berikut:

1. Tentukan tata letak dan geometri struktur.
2. Untuk beban vertikal (*payload* dan gravitasi) yang telah diketahui, pilih diameter tiang pancang dengan memperhatikan kapasitas aksialnya.
3. Tentukan diameter  $D$  kaki dengan menambahkan paling tidak 5 cm pada diameter luang tiang pancang.
4. Dengan menghitung panjang tiap-tiap komponen tubular, pilih rasio kerampingan  $kl/r$  yang sesuai.





5. Hitung tebal  $t$  untuk pilihan  $D/t$  yang sesuai. Pertahankan untuk memilih  $D/t$  antara 19 s/d 90.  $D/t < 19$  sulit dibuat atau tidak ada di pasaran. Untuk lateral baja A36,  $D/t = 70$  dapat mengakibatkan buckling lokal. Untuk  $D/t \geq 250/h^{1/3}$ , ( $h$  = kedalaman), periksa kemungkinan *hydrostatic collapse*.

Untuk pilihan diameter seluruh komponen struktur taksir beban lateral akibat gelombang. Periksa apakah kapasitas lateral tiang pancang berada dalam rentang kapasitas lateralnya. Apabila kapasitas lateral tiang pancang tidak memadai ulangi langkah 2 dan seterusnya.

### 2.2.1.3. Tiang pancang

Tiang pancang merupakan struktur *jacket* platform yang dipancang ke dasar laut hingga kedalaman 30 – 150 m. fungsi utama tiang pancang adalah sebagai pondasi struktur *jacket* yang menahan beban lateral dan axial yang ditransformasikan ke tanah. Untuk itu karakteristik pondasi *jacket* platform selain ditentukan oleh perancangan tiang pancang itu sendiri juga akan ditentukan oleh kondisi tanah.

Ukuran awal tiang pancang ditentukan berdasarkan taksiran beban aksial dan lateral maksimum dan karakteristik tanah. Taksiran beban aksial dan geser maksimum yang bekerja pada tiang pancang dapat dilakukan dengan menganggap struktur anjungan sebagai benda baku, dan menaksir beban operasional, berat struktur sendiri, dan beban





gelombang. Ukuran awal tiang pancang selanjutnya dipilih dengan prosedur sebagai berikut:

1. Memilih diameter luar tiang pancang.
2. Kedalaman penetrasi tiang pancang dihitung. Beban aksial maksimum dikalikan dengan sebuah Angka Keamanan, sekaligus dengan mempertimbangkan harga koefisien tanah. Langkah 1 dan 2 diulang-ulang sampai kedalaman penetrasi yang wajar diperoleh yang dapat dicapai oleh peralatan pemancangan yang tersedia.
3. Tebal dinding tiang pancang dipilih berdasarkan momen lengkung dan lendutan lateral maksimum

## **2.2.2. Kekuatan Struktur Jacket**

### **2.2.2.1. Kekuatan Elemen Struktur Akibat Benturan (*Dented Member*)**

*Jacket* platform sering mengalami beban benturan akibat tambatan kapal tunda (supply vessel). Rata-rata sekali dalam 2 tahun suatu benturan yang mengakibatkan terjadinya lendutan/dekokan (*dented*) dengan kedalaman sekitar 10% D atau defleksi permanent sebesar  $1/250$  panjang span terjadi, terutama didaerah dengan lingkungan yang relative ganas, seperti North Sea. Untuk itu, pemahaman tentang perilaku kekuatan ultimate dan fatigue struktur sangat diperlukan. Struktur tubular mampu menyerap energi benturan pada kondisi deformasi plastis. Ada beberapa jenis lendutan struktur lendutan :



- a. Lendutan lokal pada dinding tubular, terutama pada daerah dekat sambungan atau tumpuan dan elemen dengan  $D/t$  tinggi.
- b. Lenturan keseluruhan tanpa lendutan pada dinding tubular untuk elemen yang panjang dengan ratio  $D/t$  rendah.
- c. Kombinasi.

Elemen yang mengalami lendutan mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- a. Terjadi eksentrisitas lokal pada lendutan.
- b. Tegangan sisa (residual stress) akibat proses plastis waktu terjadi deformasi.
- c. Eksentrisitas total pada elemen yang rusak tersebut.

Karakteristik elemen yang mengalami lendutan adalah sebagai berikut:

- a. Panjang lendutan, bentuk dan lokasi tidak mempengaruhi kekuatan residu (residual strength) suatu elemen secara signifikan.
- b. Untuk elemen dengan  $D/t < 50$ , lendutan awal (initial dent) umumnya akan tetap hingga mencapai tegangan ultimatanya dan akan bertambah jika tegangan ultimate tersebut terlampaui.
- c. Untuk elemen tipis,  $D/t > 50$ , initial dent akan bertambah sesuai dengan beban axial dan bending.





Beberapa pendekatan teknis secara praktis untuk menggambar penampang geometri struktur dengan lendutan antara lain: Smith, Taby/Moan, Berkelder, dan Durkin.

Beberapa teknik yang dapat dilakukan untuk memperbaiki elemen struktur yang mengalami lendutan tergantung pada:

- a. Karakteristik kerusakan: lendutan lokal, defleksi total, deformasi sambungan.
- b. Moda kritis (*critical mode*):
  - Kekuatan ultimate axial, bending atau kombinasi
  - Kekuatan fatigue axial, bending atau kombinasi.

Untuk perbaikan elemen lendutan dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti perbaikan lokal dengan menambah plat penguat, pelapisan (*grouted sleeves*), penggantian sebagian atau keseluruhan elemen. Pemilihan cara perbaikan elemen dengan lendutan tergantung banyak faktor, antara kepekaan struktur terhadap fatigue.

#### 2.2.2.2. Kekuatan Statis Sambungan

Sambungan (*joint*) pada struktur *jacket* platform merupakan bagian penting. Beberapa penyelidikan dan penelitian menunjukkan bahwa sambungan pada *jacket* platform merupakan suatu permasalahan yang rumit. Sebagai akibat dari distribusi tegangan yang tidak *uniform* pada sambungan umumnya kriteria kekuatan sambungan tidak dapat ditentukan hanya dengan cara analitis, sehingga diperlukan adanya





eksperimen/pengujian. Kekuatan suatu sambungan sangat tergantung pada: tipe sambungan, dan parameter-parameter yang berkaitan dengan geometri sambungan.

Sebagai kriteria batas kekuatan yang menunjukkan suatu fungsi kegagalan ialah beban ultimate (*ultimate load*). Batas deformasi sangat tergantung dengan tipe struktur, tingkat pembebanan, dan standart/codes yang dipakai. Hasil eksperimen dan pemodelan FEM non-linier menunjukkan bahwa kapasitas beban ultimate dari beban sambungan kompresi mendekati beban yield nya. Pada kondisi dimana beban sambungan merupakan beban tarik, maka kekuatan sambungan bertambah sebagai akibat dari pengaruh *strain hardening*.

## 1. Mode Kegagalan

Tergantung pada parameter sambungan dan kondisi beban, beberapa kemungkinan mode kegagalan sambungan dapat ditunjukkan sebagai berikut ini:

- a. Kegagalan plastis pada permukaan atau penampang dari *chord*.
- b. Kemunculan retak (*crack initiation*) dari chord ke bracing (punching shear).
- c. Buckling setempat pada elemen di area yang mengalami kompresi.
- d. Kegagalan geser (*shear failure*) pada chord.
- e. Terjadinya *lamellar tearing*.
- f. Kegagalan pada lasan.



Untuk sambungan dengan rasio  $D/t$  kecil tipe kegagalan b sering terjadi, pada sambungan antara chord dengan bracing atau *K-bracing* konfigurasi. Tipe c sering terjadi pada suatu tubular dengan dinding tipis ( $D/t$  besar). Tipe kegagalan d jika terjadi pada gap untuk sambungan tipe K dan N akan sangat kritis untuk rasio diameter bracing dengan chord ( $d/D$ ) besar. Kegagalan tipe e kemungkinan besar terjadi pada tubular tebal.

## 2. Model Analisis

Sementara ini model analisis dalam bentuk rumus kekuatan sambungan yang tepat dan benar-benar sesuai dengan hasil uji fisik belum ada.

### a. *Punching shear* model

Pada model ini, tegangan *punching shear*  $V_p$  diasumsikan terdistribusi homogen pada bidang *punching shear*. Secara umum model ini hanya sangat kritis untuk sambungan dengan rasio  $d/D$  kecil, yang tergantung pada ratio  $D/t$  dan tipe sambungan.

### b. Ring model

Model ini untuk sambungan X, dimana *chord* diskemakan sebagai ring dengan panjang efektif  $B_e$ . Penentuan kekuatan yang dihasilkan secara teoritis dengan mengabaikan pengaruh dari tegangan *axial* dan *geser* pada momen plastis.  $B_e$  ditentukan berdasar eksperimen untuk berbagai tipe sambungan.



c. FEM

Dengan FEM distribusi tegangan elastis pada *interseksi* antara *chord* dan *bracing* dapat ditentukan, dengan demikian beban dapat dihitung pada lokasi *hot spot stress*. Dalam pemodelan FEM dapat memperhitungkan beberapa faktor seperti: aliran plastisitas akibat tegangan 3D dan strain hardening. Dengan FEM juga dimungkinkan perhitungan dengan pendekatan non-linier.

d. Shear Model

Pada sambungan tipe K dan N dimana dimungkinkan adanya gap antara *chord* dengan *brace* dapat terjadi kegagalan struktur sebagai akibat dari kombinasi beban geser, axial dan momen. Umumnya nilai momen pada gap dianggap kecil sehingga hanya axial geser dan beban yang relevan untuk diperhitungkan.

### 3. Kekuatan Sambungan dalam Rules/Codes

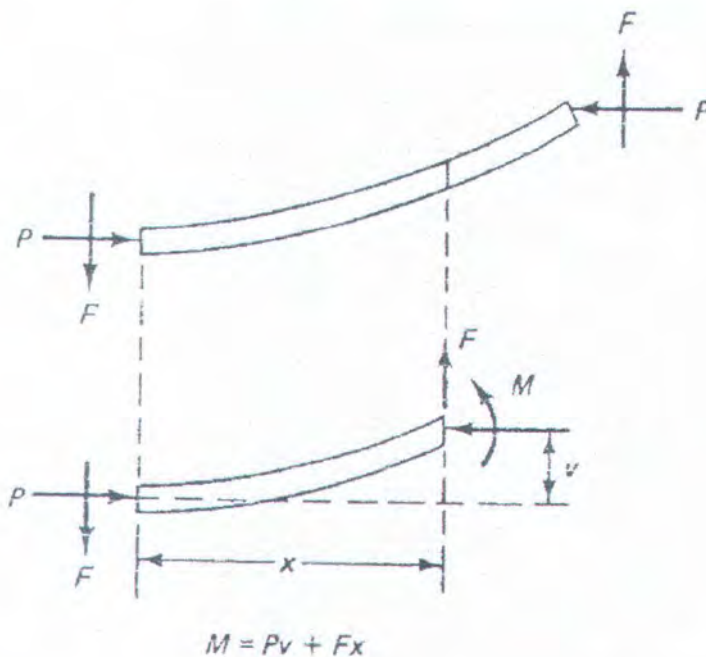
Pada perencanaan struktur offshore, sebagian besar perusahaan minyak mengacu pada aturan dari API, dan kadang-kadang pada DnV dan AWS Guidelines. API dalam analisis memakai faktor keamanan sebesar 1.7 sedang AWS sebesar 1.8, hal ini hampir sama dengan faktor IIW, yakni 1.50 untuk load faktor dan 1.10 untuk faktor keamanan.





### 2.2.3. Bending-Stress Amplification

Pada kondisi yang sesungguhnya, suatu anjungan lepas pantai akan terkena beban-beban aksial dan bending secara bersamaan sehingga ada efek pembesaran (*amplification effect*) tegangan akibat interaksi keduanya. Hal ini dapat diilustrasikan pada gambar 2.1. Terlihat bahwa momen internal pada suatu potongan member akan tergantung pada beban aksial dan besar defleksi dari member tersebut. Dengan demikian diperlukan suatu koreksi yang tepat terhadap hal ini.



Gambar 2.1. Momen bertambah akibat beban aksial

Didalam *matrix structural teory* atau MEH, perumusan untuk balok lentur (*beam bending*) belum mempertimbangkan interaksi ini. Untuk kondisi aksial tarik, maka efeknya akan mengurangi tegangan akibat



lentur murni, sementara itu jika terdapat beban aksial tekan, maka efeknya adalah sebaliknya yaitu akan memperbesar tegangan akibat lentur murninya. Pengurangan tegangan lentur akibat aksial tarik bisa diabaikan dengan cukup aman tetap tegangan tambahan akibat kondisi beban aksial tekan tidak dapat diabaikan. Dari mekanika teknik, penambahan ini dapat diperkirakan dengan suatu faktor pembesaran  $\alpha \geq 1$  yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{C_m}{1 + \frac{\sigma_a}{\sigma_e}}, \quad \sigma_a \leq 0 \quad (2-1)$$

dimana:  $\sigma_a$  = tegangan aksial (tekan bernilai negatif)

$\sigma_e$  = tegangan bickling member

$C_m$  = koefisien (tergantung pada pembebanan) berkisar 0,4 – 1,0. Untuk nilai  $C_m = 1$  dapatkan hasil yang konservatif.

Perhitungan tegangan buckling untuk member dalam kondisi ditumpu kakujepit (*fixed*) akan lebih sulit. Formula umum untuk tegangan buckling suatu member dapat dinyatakan dengan:

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad (2-2)$$

dimana:  $E$  = modulus Young

$L$  = panjang member

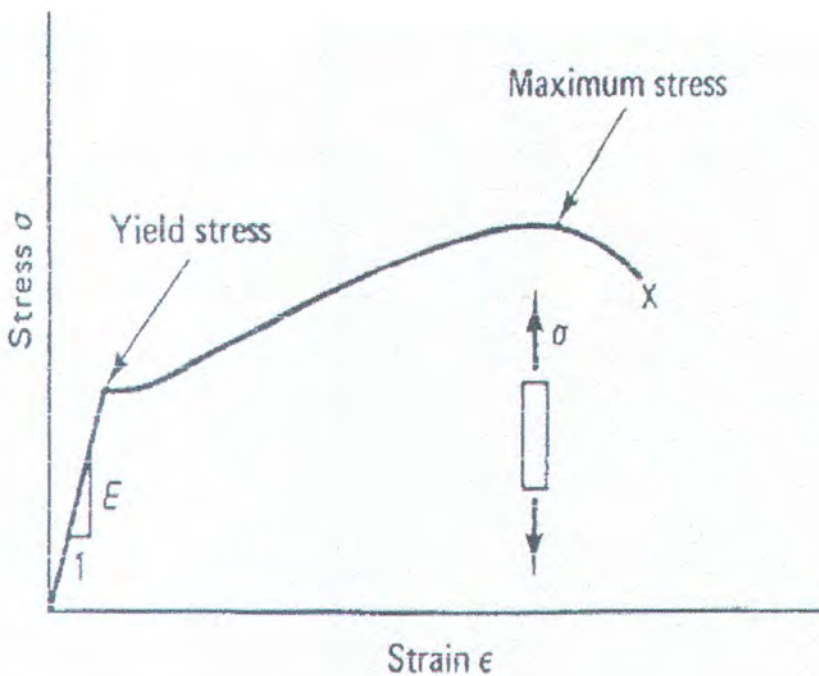
$r$  = jari-jari girasi penampang melintang dari member



$K$  = faktor panjang efektif (fungsi dari kondisi ujung member) .

#### 2.2.4. Kriteria Tegangan Desain Untuk Elemen Baja

Material yang digunakan untuk membangun struktur anjungan lepas pantai biasanya menggunakan baja struktur pada umumnya. Kurva tegangan-regangan untuk jenis baja ini ditunjukkan pada gambar 2.2. Nilai tegangan luluhnya  $\pm 40 \text{ kips/in}^2$  dan tegangan maksimumnya sekitar  $60 \text{ kips/in}^2$ .



Gambar 2.2. Kurva tegangan-regangan baha konstruksi BLP





Selama tegangan yang terjadi pada member tidak melebihi tegangan luluh materialnya, maka perilakunya adalah elastis yaitu jika tegangan dihilangkan maka regangan juga akan menghilang. Tujuan utama dari aktifitas perancangan adalah memilih ukuran member yang tepat yang dapat menjamin bahwa kondisi ini selalu sesuai dengan tingkat beban-rancangannya:

Dalam kenyataannya, digunakanlah suatu faktor keamanan tertentu untuk mendapatkan suatu tegangan ijin (tegangan luluh dibagi dengan faktor keamanan) dan dipilih ukuran member sedemikian hingga dapat menjamin bahwa tegangan ijin ini tidak akan pernah melampaui beban rancangannya.

Tegangan kerja untuk tegangan longitudinal  $\sigma_z$  dan tegangan tangensial  $\sigma_\theta$  pada member suatu struktur anjungan lepas pantai dapat ditentukan dengan kriteria tegangan geser maksimum untuk tegangan kombinasi. Tegangan longitudinal pada umumnya dihasilkan dari kontribusi beban tekanan dan respon frame dalam kondisi storm. Sedangkan tegangan tangensial timbul semata-mata akibat beban tekanan.

Jika tegangan longitudinal total adalah merupakan gabungan dari tegangan aksial uniform  $\sigma_a$  dan tegangan lentur  $\sigma_b$ , maka dari kriteria geser maksimum diperoleh kondisi rancang untuk  $\sigma_z > 0$ ,  $\sigma_\theta < 0$  (atau  $\sigma_z < 0$ ,  $\sigma_\theta > 0$ ) sebagai berikut:



$$\left| \frac{\sigma_a}{S_a} + \frac{\sigma_b}{S_b} - \frac{\sigma_\theta}{S_\theta} \right| \leq 1 \quad (2-3)$$

dan untuk  $\sigma_z < 0$ ,  $\sigma_\theta < 0$  (atau  $\sigma_z > 0$ ,  $\sigma_\theta > 0$ ) kondisinya adalah:

$$\left| \frac{\sigma_a}{S_a} + \frac{\sigma_b}{S_b} \right| \leq 1, \quad \left| \frac{\sigma_\theta}{S_\theta} \right| \leq 1 \quad (2-4)$$

dimana:  $S_a$ ,  $S_b$  dan  $S_\theta$  berturut-turut adalah nilai tegangan ijin terkait untuk aksial, lentur dan tegangan tangensial jika bekerja secara sendiri-sendiri.

Tegangan buckling longitudinal lokal secara pendekatan dapat dinyatakan sebagai:

$$\sigma_{zc} = 0,3 E \frac{t}{a} \quad (2-5)$$

dimana:  $E$  = modulus Young material

$t$  = ketebalan dinding member

$a$  = jari-jari member

Secara sama, untuk member yang tidak memiliki penguat *circumferensial*, tegangan buckling tangensialnya, untuk daerah yang jauh dari ujung tumpuannya secara pendekatan dapat dinyatakan dengan:

$$\sigma_{\theta c} = 0,22 E \left( \frac{t}{a} \right)^2 \quad (2-6)$$

Untuk tegangan  $\sigma_z$  dan  $\sigma_\theta$  positif (tarik), maka buckling tidak mungkin terjadi dan tegangan ijin  $S_a$ ,  $S_b$  dan  $S_\theta$  ditimbulkan sepenuhnya oleh tegangan luluh  $\sigma_y$  dari material. Umumnya halini diberikan dalam, denga faktor keamanan yang tepat, bentuknya sebagai berikut:



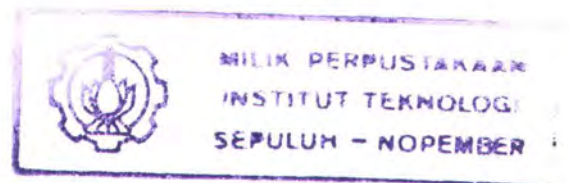


$$S_a = 0,6 \sigma_y, S_b = 0,67 \sigma_y, \text{ dan } S_\theta = 0,5 \sigma_y \quad (2-7)$$

Jika  $\sigma_z$  atau  $\sigma_\theta$  adalah tekan, tegangan ijin yang terkait harus mempertimbangkan kemungkinan terjadi buckling. Untuk  $\sigma_{zc}/E \geq 0,010$  dan  $\sigma_\theta/\sigma_y \geq 4$ , maka hal ini akan sama dengan persamaan 2-7.

Nilai tegangan ijin  $S_a$ ,  $S_b$  dan  $S_\theta$  diatas diberikan untuk kasus dimana tegangan akibat beban lingkungan rancangannya tidak diperhitungkan. Jika tegangan longitudinal dari respon frame akibat beban lingkungan dimasukkan bersama dengan tegangan tangensial tambahan yang timbul dari tekanan air akibat gelombang, maka nilai tegangan ijin akan dinaikkan 1/3 untuk mencapai hasil rancangan yang cukup konservatif.

### 2.2.5. Rasio interaksi



Kolom yang dibebani secara *eksentris*, banyak tegangan total yang dihasilkan oleh momem terpakai. Tetapi, tegangan ijin dalam lenturan biasanya lebih tinggi dari tegangan *aksial* ijin. Jadi untuk kolom tertentu, dikehendaki untuk mengerjakan beberapa keseimbangan antara dua tegangan, tergantung pada besar relatif momen lentur dan gaya *aksial*. Jadi karena dalam lenturan,  $\sigma = Mc/I = Mc/A r_1^2$  diman  $r_1$  adalah jari-jari girasi dalam bidang lenturan, sedangkan luas  $A_b$  yang diperlukan oleh momen lentur  $M$  adalah

$$A_b = \frac{Mc}{\sigma_{ab} r_1^2} \quad (2-8)$$





dimana  $\sigma_{ab}$  adalah tegangan lentur maksimum ijin. Dengan cara yang sama, luas  $A_a$  yang dibutuhkan untuk gaya aksial  $P$  adalah

$$A_b = \frac{P}{\sigma_{aa}} \quad (2-9)$$

dimana  $\sigma_{aa}$  adalah tegangan aksial ijin rata-rata untuk batang yang berlaku sebagai kolom, dan yang tergantung pada perbandingan  $L/r$ . Karenanya luasan total yang dibutuhkan untuk sebuah kolom yang memperoleh gaya aksial dan momen lentur adalah

$$A = A_a + A_b = \frac{P}{\sigma_{aa}} + \frac{Mc}{\sigma_{ab}r_1^2} \quad (2-10)$$

Bila dibagi dengan  $A$ ,

$$\frac{\frac{P}{A}}{\sigma_{aa}} + \frac{\frac{Mc}{Ar_1^2}}{\sigma_{ab}} = 1 \quad \text{atau} \quad \frac{\sigma_a}{\sigma_{aa}} + \frac{\sigma_b}{\sigma_{ab}} = 1 \quad (2-11)$$

dimana  $\sigma_a$  adalah tegangan aksial yang disebabkan oleh beban vertikal terpakai dan  $\sigma_b$  adalah tegangan lentur yang disebabkan oleh momen terpakai. Bila sebuah kolom hanya memuat beban aksial saja sedang momen terpakai adalah nol, maka rumus diatas menunjukkan bahwa kolom tersebut didesain untuk tegangan  $\sigma_{aa}$ . Dipihak lain, tegangan ijin menjadi tegangan lentur  $\sigma_{ab}$  bila tidak ada gaya tekan langsung yang bekerja pada kolom tersebut. Antara kedua kejadian ekstrim tersebut, persamaan 2.11 mengukur kepentingan relatif kedua macam aksi tersebut dan menentukan hakekat interaksi keduanya. Karenanya rumus ini sering



disebut rumus interaksi dan berguna sebagai dasar untuk spesifikasi dalam manual AISC, dimana dinyatakan bahwa jumlah perbandingan kedua tegangan ini haruslah tidak lebih dari satu. Filsafat yang serupa ini mendapat kemurahan dalam penggunaan-penggunaan lain daripada yang mengenai baja bangunan. Aluminium Association (Amerika Serikat) mengusulkan hubungan yang serupa. Laboratorium Hasil-Hasil Hutan mengembangkan serangkaian rumus yang menjalankan tujuan yang sama.

Dalam bentuk notasi yang digunakan oleh AISC, persamaan 2.11 ditulis kembali sebagai

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0 \quad (2-12)$$

Dalam praktek, eksentrisitas beban pada kolom dapat sedemikian rupa sehingga mengakibatkan momen lentur terhadap kedua sumbu penampang. Persamaan 2.12 lantas dimodifikasikan menjadi

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (2-13)$$

Tanda-tanda huruf x dan y bergabung dengan tanda huruf b menunjukkan sumbu lentur terhadap mana tegangan tertentu bekerja dan

$F_a$  = tegangan aksial ijin bila hanya gaya aksial saja yang ada

$F_b$  = tegangan lentur tekanan ijin bila hanya momen lentur saja yang ada

$f_a$  = tegangan aksial yang dihitung

$f_a$  = tegangan lentur yang dihitung





Pada titik-titik yang ditahan dalam bidang lernturan,  $F_a$  sama dengan 60 persen  $F_y$ , tegangan luluh bahan, dan

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (2-14)$$

Pada titik-titik bagian tengah dari panjang batang tekan itu momen lentur kedua yang disebabkan oleh defleksi dapat memberikan pengaruh yang beraati kepada tegangan gabungan. Berdasarkan spesifikasi AISC, maka pengaruh ini dapat diabaikan dalam hal dimana  $f_a / F_a$  lebih kecil dari 0.15, yaitu tegangan *aksial* adalah kecil dalam hubungan tegangan *aksial* ijin, dan selama persamaan 2.14 masih dapat dipergunakan. Bila  $f_a / F_a$  lebih besar dari 0.15, maka efek momen lentur sekunder tambahan dapat dihitung dengan mengalikan  $f_{bx}$  dan  $f_{by}$  dengan faktor amplifikasi (*amplification factor*).  $C_m / [1 - (f_a / F_e)]$ , kedalam perhitungan ini telah termasuk perbandingan kerampingan dalam bidang lenturan dan juga sifat dasar momen ujung. Suku yang terdapat pada penyebut faktor amplifikasi mengikutkan efek perbandingan kerampingan melalui penggunaan  $F_e'$  dan tegangan tekuk Euler (menggunakan  $L_e/r$  pada bidang lentur) yang dibagi dengan 23/12 atau 1.92, yaitu faktor keamanan AISC untuk kolom yang sangat panjang dengan  $L_e/r$  yang lebih besar dari  $C_c$ . Dapat diperhatikan bahwa faktor amplifikasi menjadi besar bila  $f_a$  bertambah dan meledak bila  $f_a$  mendekati  $F_e'$ . Suku  $C_m$  pada pembilang faktor amplifikasi merupakan faktor koreksi yang didalamnya telah





diperhitungkan sikap dan perbandingan antara momen-momen ujung. Bila momen ujung menyebabkan terjadinya kurva tunggal dari batang, maka suku  $C_m$  menjadi lebih besar, dan bila yang terjadi adalah kurva yang terbalik, maka factor ini menjadi lebih kecil. Lalu rumus  $f_a / F_a > 0.15$  menjadi

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{(1 - (f_a / F_{ex})) F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{(1 - (f_a / F_{ey})) F_{by}} \leq 1.0 \quad (2-14)$$

Menurut spesifikasi AISC, harga  $C_m$  akan diambil sebagai berikut:

1. Untuk batang tekan dalam kerangka yang mengalami perpindahan sambungan (menyamping,  $C_m = 0.85$ ).
2. Untuk batang tekan dalam kerangka pengekang bertahan terhadap perpindahan sambungan dan tidak mengalami pembebanan transversal antara tumpuan-tumpuannya pada bidang lenturan,

$$C_m = 0.6 - 0.4 (M_1/M_2)$$

(tetapi tidak lebih kecil dari 0.4) dimana  $M_1/M_2$  merupakan perbandingan momen-momen yang terkecil terhadap yang terbesar pada ujung-ujung batang yang tidak ditahan pada bidang lentur yang sedang ditinjau.  $M_1/M_2$  adalah positif bila batang itu dibengkokkan dalam kurva yang terbalik dan negatif bila dibengkokkan dalam kurva tunggal.

3. Untuk batang kerangka tekan yang ditahan terhadap perpindahan sambungan dalam bidang lenturan yang mengalami pembebanan transversal antara tumpuan-tumpuannya, maka harga  $C_m$  dapat



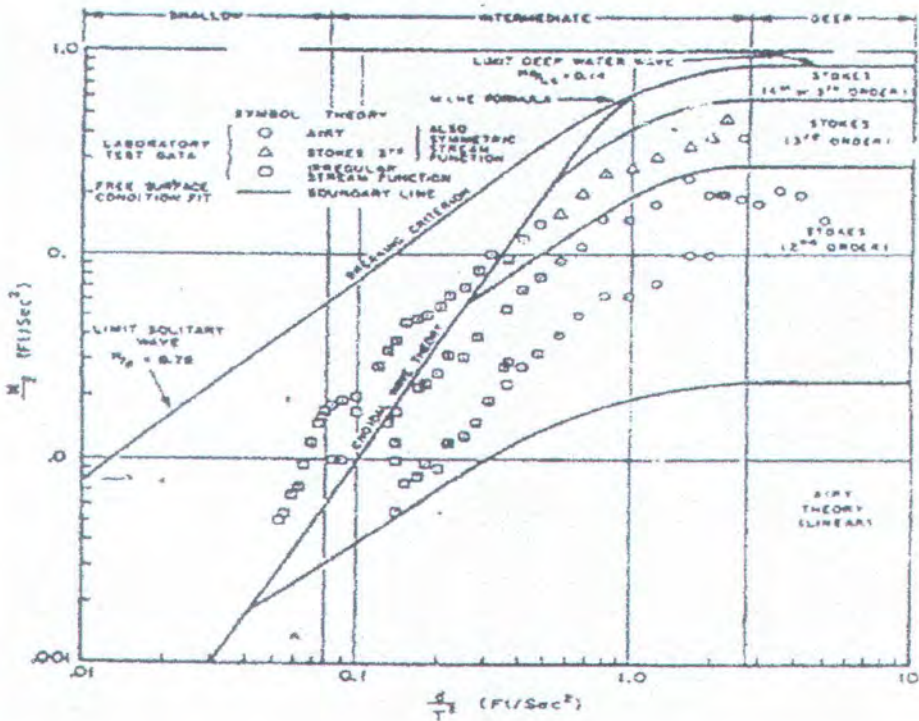
ditentukan dengan analisa rasional. Tetapi sebagai pengganti analisa tersebut, harga-harga berikut dapat dipergunakan : (a) untuk batang yang ujung-ujungnya pengekang,  $C_m = 0.85$ ; (b) untuk batang yang ujungnya bukan pengekang  $C_m = 1.0$ .

### 2.2.6. Teori Gelombang

Gelombang terjadi karena pengaruh angin yang bergerak diatas permukaan air laut. Dalam perancangan bangunan yang dioperasikan dilaut beban gelombang merupakan faktor yang diperhatikan. Sebelum menghitung besarnya gaya akibat gelombang, maka harus terlebih dahulu ditentukan jenis gelombang. Dalam dalam penentuan teori gelombang yang digunakan disesuaikan dengan grafik *validitas* teori gelombang. *Validitas* teori gelombang ini dikembangkan oleh R. G. Dean (1968) dan B. Le Mehaute (1970) (Chakrabarti, 1987) seperti terlihat pada gambar 2.3.

Diagram ini membagi daerah yang berlaku bagi masing-masing teori gelombang berdasarkan perbandingan  $H/gT^2$  sebagai ordinat dan  $d/gT^2$  sebagai absis. Penentuan teori gelombang ini berdasarkan pada data lingkungan seperti tinggi gelombang (H), kedalaman (d) dan periode gelombang (T). Teori gelombang yang sering dipakai dalam analisa struktur *jacket (fixed structure)* ialah teori gelombang linier airy dan teori gelombang non-linier stokes orde 5.





Gambar 2.3. Grafik *Region of Validity* (API RP 2A WSD, 1993)

### 2.2.6.1. Teori Gelombang Non Linier dari Stokes

Teori gelombang linier amplitude kecil adalah teori yang pertama kali dikembangkan dan merupakan pendekatan paling sederhana untuk BVP gelombang laut. Teori tersebut mempunyai komponen frekuensi tunggal, yaitu frekuensi gelombang sinusoidal. Teori linier ini masih perlu ditingkatkan lagi akurasi, yaitu dengan menerapkan teknik pertubasi telah dijelaskan pada bagian muka.

Stokes telah menerapkan teknik pertubasi diatas, sehingga pemecahan persamaan orde tinggi akan memberikan hasil dengan orde





lebih kecil dari orde dibawahnya. Metoda ini dianggap valid untuk  $H/d \ll (kd)^2$ , untuk  $(kd) < 1$  dan  $H/\lambda \ll 1$ . Persyaratan ini mengakibatkan keterbatasan tinggi gelombang untuk perairan dangkal, sehingga teori Stokes umumnya tidak dapat diterapkan untuk perairan ini.

Selanjutnya, dalam teori Stokes pemasukan ekspresi deret  $\Phi$  ke dalam persamaan Laplace dan syarat batas dasar laut, serta pemisahan parameter pertubasi non-dimensional dengan orde yang berbeda, yaitu  $\varepsilon, \varepsilon_1$ , dan seterusnya akan mirip seperti bentuk persamaan aslinya:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = 0 \Rightarrow \text{untuk } n = 1, 2, \dots \quad (2-15)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial y} = 0 \Rightarrow \text{pada } y = -d \text{ untuk } n = 1, 2, \dots \quad (2-16)$$

Meskipun demikian, kedua syarat batas permukaan bebas tidak akan lagi sama seperti sebelumnya, karena persamaan-persamaan itu akan memuat variabel gabungan dalam  $\Phi_1, \Phi_2$  dan sebagainya, untuk komponen-komponen orde tinggi. Oleh karenanya perumusan matematik serta pemecahannya menjadi lebih rumit. Orde pertama parameter ( $\varepsilon$ ) untuk  $\Phi_1$ , adalah persis sama dengan teori gelombang linier dari Airy.

$$\frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial t^2} + g \frac{\partial \Phi_1}{\partial y} = 0 \quad \text{pada } y = 0 \quad (2-17)$$

$$\eta_1 = -\frac{1}{g} \left( \frac{\partial \Phi_1}{\partial t} \right) \quad \text{pada } y = 0 \quad (2-18)$$



Sedangkan parameter orde kedua ( $\varepsilon_2$ ) adalah:

$$\frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial t^2} + g \frac{\partial \Phi_2}{\partial y} = -\eta_1 \frac{\partial}{\partial y} \left[ \frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial t^2} + g \frac{\partial \Phi_1}{\partial y} \right] - \frac{\partial}{\partial t} \left[ \left( \frac{\partial \Phi_1}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \Phi_1}{\partial y} \right)^2 \right] \text{ pada } y = 0$$

dan

$$\eta_2 = -\frac{1}{g} \left[ \frac{\partial \Phi_2}{\partial t} + \eta_1 \frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial y \partial t} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \Phi_1}{\partial x} \right)^2 + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \Phi_2}{\partial y} \right)^2 \right] \text{ pada } y = 0 \quad (2-19)$$

Jadi penyelesaian  $\Phi_2$  akan merupakan fungsi dari  $\Phi_1$  dan  $\eta_1$ .

Selanjutnya, setelah  $\Phi_2$  diturunkan, harga  $\eta_2$  dapat dihitung.

Potensial kecepatan dalam teori gelombang Stokes orde dua dapat didefinisikan sebagai:  $\Phi = \varepsilon \Phi_1 + \varepsilon^2 \Phi_2$ . Kedua potensial kecepatan diatas harus memenuhi persamaan diferensialnya, jadi penyelesaian  $\Phi_2$  secara keseluruhan harus mempunyai bentuk seperti untuk  $\Phi_1$ , kecuali konstanta  $k$  yang digantikan dengan  $2k$  dan  $\theta$  dengan  $2\theta$ . Dengan menerapkan syarat batas pada permukaan dan mengambil kondisi awal yang sesuai, dapat ditunjukkan bahwa:

$$\varepsilon^2 \Phi_2 = \frac{6\pi}{k^2 T} \frac{\cosh 2ks}{\sinh^2 kd} \sin 2\theta \quad (2-20)$$

sedangkan hubungan dispersinya akan tetap sama dengan dalam teori

linier dari Airy, dimana  $c^2 = \frac{g}{k} \tanh kd$ . Dengan mensubstitusikan harga-

harga  $\Phi_1$  dan  $\Phi_2$  masing-masing untuk  $\eta_1$  dan  $\eta_2$ . Profil elevasi permukaan gelombang akan diperoleh dalam bentuk



$\eta = \frac{H}{2} \cos \theta + \frac{\pi H^2}{4\lambda} \sin 2\theta$ . Selanjutnya persamaan kecepatan partikel gelombang orde dua pada arah horizontal dan vertikal, masing-masing adalah

$$u = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh ks}{\sinh kd} \cos \theta + \frac{3}{4} \left( \frac{\pi H}{\lambda} \right) \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh 2ks}{\sinh^4 kd} \cos 2\theta \quad (2-21)$$

$$v = \frac{\pi H}{T} \frac{\sinh ks}{\sinh kd} \sin \theta + \frac{3}{4} \left( \frac{\pi H}{\lambda} \right) \frac{\pi H}{T} \frac{\sinh 2ks}{\sinh^4 kd} \sin 2\theta \quad (2-22)$$

Dengan menurunkan kedua persamaan diatas terhadap waktu (t), maka akan didapatkan percepatan partikel pada arah horizontal dan vertikal, masing-masing

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{2\pi^2 H}{T} \frac{\cosh ks}{\sinh kd} \sin \theta + \frac{3\pi^2 H}{T^2} \left( \frac{\pi H}{\lambda} \right) \frac{\cosh^2 ks}{\sinh^4 kd} \sin 2\theta \quad (2-23)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{2\pi^2 H}{T} \frac{\sinh ks}{\sinh kd} \cos \theta + \frac{3\pi^2 H}{T^2} \left( \frac{\pi H}{\lambda} \right) \frac{\sinh^2 ks}{\sinh^4 kd} \cos 2\theta \quad (2-24)$$

Dari persamaan-persamaan diatas, ekspresi simpangan partikel gelombang Stokes orde-dua selanjutnya dapat diformulasikan.

Persamaan tekanan dinamis oleh gelombang kategori ini dapat diperoleh dengan mensubstitusikan  $\Phi_1$  dan  $\Phi_2$  ke dalam persamaan Bernoulli lengkap, yaitu  $f(t) = 0$ , dan tanpa tekanan hidrostatik.

$$p = \rho g \frac{H \cosh ks}{2 \cosh kd} \cos \theta + \frac{3}{4} \rho g \frac{\pi H^2}{\lambda} \frac{1}{\sinh 2kd} x \left[ \frac{\cosh 2ks}{\sinh^2 kd} \frac{1}{3} \right] - \frac{1}{4} \rho g \frac{\pi H^2}{\lambda} \frac{1}{\sinh 2kd} x [\cosh 2ks - 1] \quad (2-25)$$

Perhatikan bahwa tekanan dinamis mempunyai sebuah besaran yang independent terhadap waktu (time independent). Dalam teori gelombang





Stokes orde-tiga, kecepatan gelombang atau seleritasnya mempunyai persamaan dan mempunyai bentuk alternatif.

$$c^2 = c_0^2 \left\{ 1 + \left( \frac{\pi H}{\lambda} \right)^2 \left[ \frac{9 - 8 \cosh^2 kd + 8 \cosh^4 kd}{8 \sinh^4 kd} \right] \right\} \quad (2-26)$$

$$c^2 = c_0^2 \left\{ 1 + \left( \frac{\pi H}{\lambda} \right)^2 \left[ \frac{5 - 2 \cosh^2 kd + 2 \cosh^4 kd}{8 \sinh^4 kd} \right] \right\} \quad (2-27)$$

dimana  $c_0$  adalah seleritas yang didapat dari teori gelombang linier, yaitu

$$c_0^2 = \left( \frac{g}{k} \right) \tanh k \quad (2-28)$$

dan besaran dalam tanda kurung dapat dikatakan sebagai faktor reaksi.

Untuk teori gelombang Stokes orde-lima, persamaan potensial kecepatan dapat dituliskan dalam bentuk deret, yakni

$$\Phi = \frac{c}{k} \sum_{n=1}^5 \lambda_n \cosh nks \sin n\theta \quad (2-29)$$

dimana koefisien-koefisien non-dimensional,  $\lambda_n$ , dapat dikomputasi dari persamaan-persamaan berikut:

$$\lambda_1 = \lambda A_{11} + \lambda^3 A_{13} + \lambda^5 A_{15}$$

$$\lambda_2 = \lambda^2 A_{22} + \lambda^4 A_{24}$$

$$\lambda_3 = \lambda^3 A_{33} + \lambda^5 A_{35}$$

$$\lambda_4 = \lambda^4 A_{44}$$

$$\lambda_5 = \lambda^5 A_{55}$$

Tinggi gelombang orde-lima ini mempunyai persamaan spesifik:

$$H = \frac{2}{k} \left[ \lambda + B_{33} \lambda^3 + (B_{35} B_{55}) \lambda^5 \right] \quad (2-30)$$



Menurut teori seleritas gelombang dapat dituliskan sebagai:

$$c^2 = c_0^2 (1 + \lambda^2 C_1 + \lambda^4 C_2) \quad (2-31)$$

dimana  $\lambda$ , bersama dengan angka gelombang,  $k$ , adalah merupakan variabel belum diketahui. Kuantitas  $\lambda$  dan  $k$  akan ditentukan secara iterasi dari persamaan diatas. Bila kemudian  $\Phi$  telah didapat, maka kinematik partikel gelombang dan tekanan dinamik dapat dihitung dengan persamaan Bernoulli, seperti dijelaskan sebelumnya. Koefisien-koefisien  $A_{ij}$ ,  $B_{ij}$  dan  $C_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, 5$ ) diatas adalah merupakan fungsi  $k$  saja.

### 2.2.7. Gaya Gelombang Pada Silinder

Gaya beban gelombang yang bekerja pada silinder tegak adalah merupakan penjumlahan langsung dari gaya inersia dan gaya drag. Sedangkan gaya inersia merupakan penjumlahan antara gaya Froude-Krylov dengan gaya yang disebabkan massa tambah. Dalam perhitungan gaya gelombang pada suatu bangunan lepas pantai maka persamaan morrison sering dipakai, yaitu :

$$F = F_D + F_I$$

$$F = \frac{1}{2} \rho C_D u |u| + \frac{1}{2} \rho C_I \frac{\pi d^2}{4} a_x \quad (2-32)$$

dimana :

$F$  = gaya gelombang yang bekerja pada struktur.

$C_D$  = coefisien drag

$C_I$  = coefisien inersia,  $C_I = 1 + C_M$



$C_M$  = coefisien masa tambah

$D$  = diameter silinder

*Asumsi yang digunakan dalam persamaan*

- Refleksi dan defraksi gelombang incident diabaikan, untuk validitas ditentukan dengan perhitungan gaya gelombang. Sehingga diperlukan persyaratan  $D/\lambda < 0.2$ , dimana  $D$  adalah dimensi struktur pada sudut arah gelombang dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang
- Interfensi diantara struktur member diabaikan, seperti gaya yang terjadi pada seluruh struktur dihitung dengan secara jelas ditambahkan pada gaya yang terjadi di setiap elemen struktur.
- Pengaruh terpisah gaya froude-krylov, gaya inersia dan gaya drag, sekalipun dua gaya pertama adalah linear sedangkan gaya drag tidak.

$$u|u| = U_{RMS} U \sqrt{\frac{8}{\pi}} \quad (2-33)$$

Untuk menentukan besarnya  $C_D$  dan  $C_M$  dari suatu struktur akan sangat tergantung dari angka Reynold ( $Re$ ), angka Keulegan-Carpenter ( $KC$ ), bentuk struktur, mode gerakan dan kekasaran struktur (*marine growth*).





### 2.2.8. Beban arus

Arus yang terjadi di dalam air laut dihasilkan oleh pengaruh beberapa hal sebagai berikut:

- Kecepatan arus harus ditambahkan secara vektorial ke kecepatan horizontal partikel air, sebelum menghitung gaya drag karena gaya drag tergantung pada kecepatan horizontal partikel kuadrat dan menyebabkan kecepatan arus menurun perlahan sesuai dengan kedalaman laut. Sebuah perbandingan arus kecil dapat meningkatkan gaya drag secara signifikan.
- Struktur dengan sendirinya menghasilkan gelombang yang mana dalam pengembaliannya akan menciptakan gaya difraksi. Karena itu gaya difraksi dapat diabaikan untuk nilai-nilai realistik pada arus yang terjadi pada struktur yang berdimensi besar.

Besarnya kecepatan arus dapat ditentukan sebagai berikut:

$$V_x = V_s \left( \frac{x}{d} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2-34)$$

dimana

$V_x$  = kecepatan arus (m/det) pada jarak  $x$  (m) diatas mudline

$V_s$  = kecepatan arus (m/det) pada jarak  $x$  (m) pada permukaan air laut

$X$  = jarak diatas mudline

$D$  = jarak dari permukaan laut ke mudline.



Untuk menentukan besarnya gaya angkat dan gaya drag per unit panjang, dapat dicari dengan rumus :

- gaya angkat

$$F_L = 0.5 C_L \rho V^2 A \quad (2-35)$$

- gaya drag

$$F_D = 0.5 C_D \rho V^2 A \quad (2-36)$$

dimana :

$C_L$  = koefisien lift

$C_D$  = koefisien drag

$\rho$  = massa jenis

$V$  = kecepatan arus

$A$  = luasan per unit panjang

### 2.2.9. Beban Angin

Angin merupakan salah satu beban yang cukup berpengaruh terhadap perilaku bangunan lepas pantai. Pada kenyataannya beban angin cukup memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap struktur khususnya untuk bagian deck. Besarnya gaya angin yang bekerja pada sebuah bangunan lepas pantai dapat ditentukan dengan menjumlahkan dari gaya-gaya yang diterima oleh setiap komponen struktur (Soedjono, J.J., 1999). Gaya-gaya pada komponen tersebut timbul oleh adanya hambatan kekentalan udara dan oleh perbedaan distribusi tekanan di sisi-sisi komponen yang menghadap ke arah angin dan dibelakang. Gaya



yang bekerja pada sebuah komponen struktur dapat dihitung dengan persamaan :

$$F = \frac{1}{2} \rho C_s A V^2 \quad (2-37)$$

dimana :

$\rho$  = massa jenis udara ( $1,29 \text{ kg/m}^3$ )

$A$  = luasan karakteristik komponen

$V$  = kecepatan angin

$C$  = koefisien gaya besarnya tergantung pada bentuk benda  
dan kekentalan dinamik udara ( $\mu = 1,81 \times 10^2 \text{ Ndet/m}^2$ )

### 2.2.10. Pembebanan

Proses perancangan bangunan yang digunakan didaerah lepas pantai, yang untuk selanjutnya untuk menentukan kemampuan kerja suatu struktur akan dipengaruhi oleh beban yang terjadi pada bangunan tersebut. Sehingga perancang harus menentukan akurasi atau ketepatan beban yang akan diterapkan dalam perancangan. Adapun beban-beban yang harus dipertimbangkan dalam perancangan bangunan lepas pantai adalah sebagai berikut (Soedjono, 1999) :

1. Beban mati (*Dead Load*)
2. Beban hidup (*Live Load*)
3. Beban akibat kecelakaan (*Accidental Load*)
4. Beban lingkungan (*environmental Load*)





### 2.2.10.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati (*dead load*) adalah beban dari komponen-komponen kering serta beban-beban dari peralatan, perlengkapan dan permesinan yang tidak berubah dari mode operasi pada suatu bangunan lepas pantai. Adapun beban mati tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Berat dari struktur bangunan lepas pantai, seperti tiang pancang, bangunan atas, *jacket*, *deck*, *railing*, *grout*, *paint*, *stiffners* dan lain-lain.
- b. Berat peralatan dan permesinan yang tidak digunakan untuk pengeboran atau proses pengeboran.
- c. Berat perlengkapan tambahan lain yang dipasang permanen pada struktur, seperti *boad landing*, *risers*, *barge bumper*.

### 2.2.10.2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup (*live load*) adalah beban yang terjadi pada *platform* atau bangunan lepas pantai selama dipakai/ berfungsi dan tidak berubah dari mode operasi satu ke mode operasi yang lain. Adapun yang termasuk beban hidup (*live load*) dapat digolongkan sebagai berikut:

- a. Berat peralatan pengeboran (*drilling*)
- b. Berat peralatan produksi atau *treatment*
- c. Berat pendukung pengeboran
- d. Berat pendukung *treatment*
- e. Beban pengeboran





- f. Beban akibat gaya-gaya yang terjadi pada struktur dari operasi.

#### **2.2.10.3. Beban Lingkungan (*Environmental Load*)**

Beban lingkungan (*Environmental Load*) adalah beban yang terjadi karena dipengaruhi oleh lingkungan dimana suatu bangunan lepas pantai dioperasikan atau bekerja. Beban lingkungan yang biasanya digunakan dalam perancangan adalah:

1. Beban gelombang
2. Beban angin
3. Beban arus
4. Beban gempa

#### **2.2.10.4. Beban Akibat Kecelakaan (*Accidental Load*)**

Beban kecelakaan (*accidental load*) merupakan beban yang tidak dapat diduga sebelumnya yang terjadi pada suatu bangunan lepas pantai.

Beban kecelakaan ini terjadi akibat dari:

- a. Tabrakan dengan kapal pemandu operasi
- b. Putusnya tali katrol (*crane*)
- c. Putusnya tali tambat (rantai jangkar, tali baja pengikat katrol)
- d. Kebakaran, letusan, *blow out*
- e. Benda yang jatuh mengenai deck, dan lain-lain



### 2.2.11. Fatigue

Banyak struktur bangunan lepas pantai yang mengalami pengurangan kekuatan karena pembebanan yang berulang. Phenomena ini dikenal sebagai fatigue, dan secara esensial ditandai dengan proses keretakan (crack) dan pada proses selanjutnya terjadi penjararan (propagation) dan kerusakan (failure).

Fatigue dalam perancangan bangunan lepas pantai dipertimbangkan dengan alasan:

1. Bangunan lepas pantai sebagai subyek beban cyclic sepanjang beroperasi. (diperkirakan  $10^8$  cycles dalam 20 tahun)
2. Karena dibatasi kemampuan perawatan, sebuah derajat keandalan tertinggi yang dibutuhkan.
3. Konsekuensi kegagalan sangat besar
4. Timbulnya crack sangat lambat di lepas pantai dan dapat dikontrol melalui appropriate inspeksi dalam program perbaikan.
5. Jika tegangan lebih kecil daripada 0.5 pada yield stress maka tidak terjadi fatigue.
6. Jika bangunan lepas pantai berada pada lingkungan yang korosif, maka tidak ada batas fatigue, kurva S-N tidak berlanjut.

Sedangkan apabila pengaruh pada berbagai bentuk respons dinamis adalah untuk mengurangi umur kelelahan (*fatigue life*) sebab:





1. Amplitude tegangan bervariasi di berbagai titik pada struktur meningkat.
2. Frekuensi tegangan reversal diasosiasikan dengan kombinasi frekuensi natural pada struktur dan banyak frekuensi gelombang terendah.

Analisa dinamis tersebut diperhitungkan sebagai bagian perancangan untuk gaya maksimum, tegangan maksimum, dan defleksi maksimum yang didasarkan pada sea state maksimum. Sebab perubahan dalam massa tambah (added mass) memerlukan perhitungan kembali respons dinamis di sea state terendah untuk analisa fatigue.

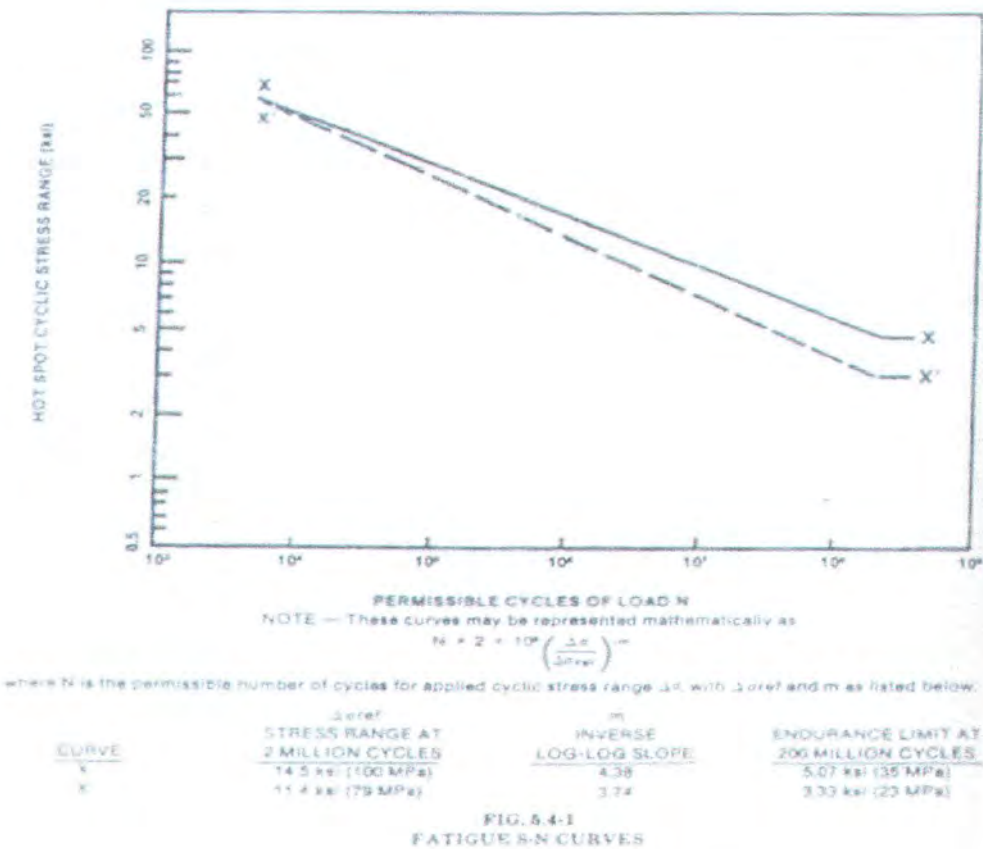
Penggunaan frekuensi natural struktur berperan penting untuk number of cycles tertinggi dalam satu tahun daripada penggunaan frekuensi gelombang. Dalam praktek, perlu untuk mengeliminasi perhitungan cycle selama periode ketika gelombang itu dibawah tinggi dan atau terpanjang tertentu daripada periode tertentu pula. Pada struktur yang berada pada daerah yang sering mendapatkan beban gelombang (splash zone), gaya slamming setempat akan sering menyebabkan struktur merespon pada frekuensi natural struktur tersebut.

#### **2.2.11.1. Kurva S-N**

Secara umum kurva S-N digunakan untuk karakteristik fatigue pada material yang mempunyai cycle tegangan berulang-ulang pada magnitute konstan. Dimana N adalah jumlah cycle pada tegangan S yang



menyebabkan kerusakan struktur. Secara khusus kurva S-N ditunjukkan dalam gambar 2.4.



Gambar 2.4. Fatigue curve

Kurva S-N tersebut didapatkan dengan menguji material beberapa kali dalam range tegangan nol sampai minimum. Walaupun secara praktis banyak struktur material untuk range cycle stress yang tidak nol sampai minimum. Dalam menguji fatigue pada sambungan las baja, secara praktis pada saat ini hanya mempertimbangkan range tegangan (stress range).



Keanekaragaman data pada pengujian fatigue sering digambarkan dalam diagram S-N yang seringkali ditunjukkan dengan kurva rata-rata yang dihubungkan dengan batas yang pasti. Beberapa uji fatigue telah menunjukkan bahwa banyak material yang secara jelas mampu menahan jumlah load cycles yang tak terbatas jika range tegangan kecil. Magnitude range minimum juga didapatkan yang besarnya tergantung pada kondisi lingkungan material berada.

#### 2.2.11.2. Hukum Palmgren-Miner

Kerusakan kumulatif yang disebabkan oleh perbedaan range tegangan memungkinkan diakses oleh hukum palm-Miner. Gesekan pada fatigue lifetime diasumsikan oleh range tegangan yang diberikan dalam satu tahun didefinisikan oleh Miner pada tahun 1945 sebagai perbandingan jumlah cycles dalam range tegangan, I, yang terjadi dalam satu tahun jumlah cycles yang diperlukan dalam range tegangan itu yang menyebabkan kerusakan. Total kerusakan per tahun yang diberikan oleh jumlah gesekan pada umur pakai (consume life) adalah sebagai berikut :

$$D = \sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N_i} \quad (2-38)$$

dimana

D = kerusakan pertahun

$n_i$  = jumlah cycles yang terjadi pertahun dalam range tegangan (i)





$N_i$  = jumlah cycles dalam range tegangan (i) yang diperlukan untuk menyebabkan kerusakan (failure)

$m$  = jumlah range tegangan yang diperhitungkan.

Jika kerusakan kumulatif mencapai kesatuan umur pakai struktur harus diperhitungkan secara lengkap. Umpan balik dari kerusakan per tahun akan menghasilkan fatigue life struktur. Walaupun hukum palm-miner sudah digunakan secara luas dan dikenal sebagai hukum fatigue ederhana yang terbaik, hasil yang diperoleh membutuhkan pengalman interpretasi.

Para ahli menyatakan untuk struktur bangunan lepas pantai mungkin lebih spesifik karena nilainya kurang dari kestuan yang digunakan untuk kerusakan kumulatif pada saatmenaksir umur pakai sebuah struktur las baja. Keputusan ini ddasarkan pada factor di atas sebagai redudansi struktur, tingkatan konservatisme dalam perhitungan, keandalan proteksi dari korosi, dan pengurangan pada inspeksi untuk setiap sambungan. Sebuah pendekatan alternatif probalistik yang adapat dipakai adalah menggunakan kurva S-N dengan batas kepercayaan terendah, sementara mempertahankan nilai kesatuan (*unity*) untuk kerusakan kumulatif.



### 2.2.11.3. Faktor Konsentrasi Tegangan

Salah satu factor yang harus diperhataikan dalam analisa fatigue life struktur bangunan lepas pantai adalah factor konsentrasi tegangan (stress konsentration factor). Besarnya konsentrasi tegangan tergantung dari jenis/type sambungan struktur. Untuk jenis tubular member memberikan sejumlah keuntungan dibandingkan dengan jenis struktur jenis lainnya, yaitu:

1. Mempunyai koefisien drag yang kecil
2. Mempunyai kekuatan kompresif yang baik
3. Lebih mudah difabrikasi dengan proses otomatis
4. Lebih mudah diproteksi dengan pengecatan
5. Marine growth yang terjadi pada permukaan struktur tidak terlalu besar (minimum)
6. Volume tertutup (enclosed volume) dari struktur dapat digunakan untuk penyimpanan (storagr), proteksi riser, sebagai template untuk tiang pancang dan sebagai buoyancy selama floating dan instalasi

Secara umum konsntrasi tegangan digunakan untuk menggambarkan rasio tegangan di berbagai titik sambungan dengan tegangan brace nominal (nilai SCF chord dan SCF brace akan berbeda). Hal tersebut dapat digambarkan dalam formula sebagai berikut

$$SCF = \frac{Hot\_Spot\_Stress}{Nominal\_Stress} = f \text{ (geometri joint, type pembebanan, pengaruh$$

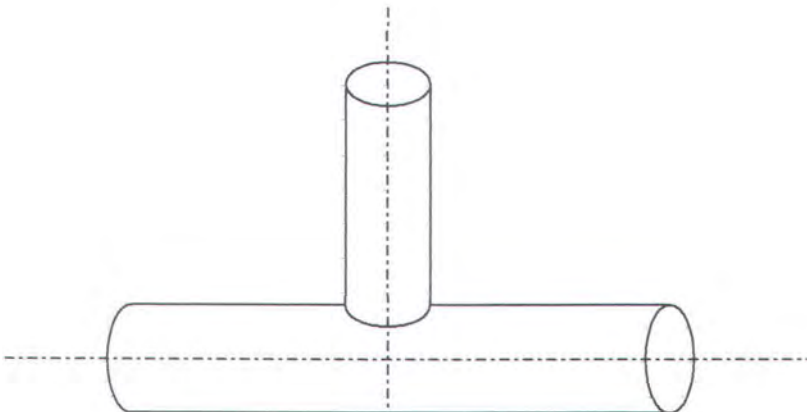
ujung las setempat).

(2-39)

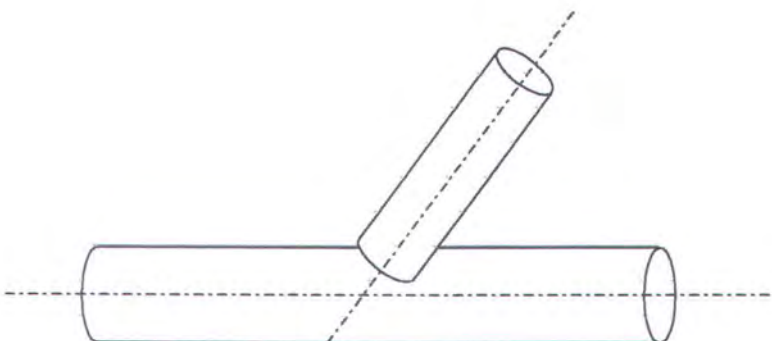


Jika terjadi 18% dalam *Hot Spot Stress*, maka akan terjadi kesalahan dalam fatigue mencapai 200%. SCF secara khusus mempunyai nilai dalam range antara 2-10, dan SCF dapat diperoleh dari hasil test (experiment) atau analisis elemen tak hingga (theoretical).

Rumus dari stress concentration factor dikemukakan oleh smidley atau worth start. Rumus ini menunjukkan perhitungan tegangan hot spot pada struktur tubular join. Rumus-rumus tersebut adalah:

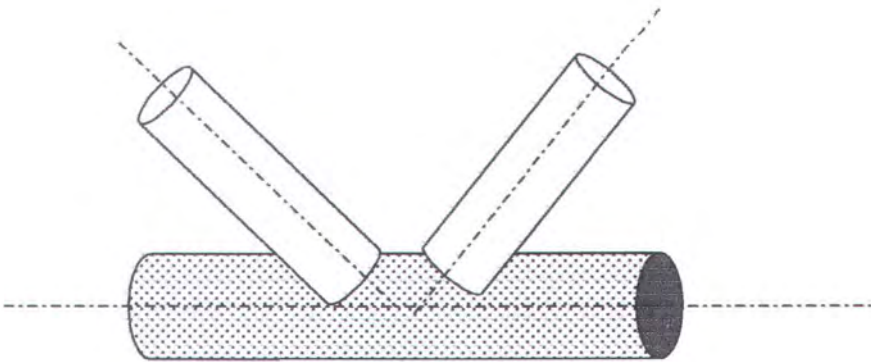


**Gambar 2.5. Tubular jenis T**

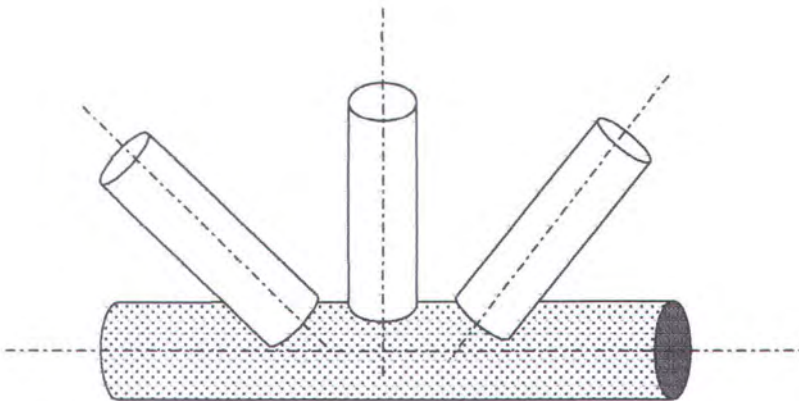


**Gambar 2.6. Tubular jenis Y joint**





**Gambar 2.7. Tubular Joint jenis K joint**



**Gambar 2.8. Tubular Joint jenis KT joint**



Keterangan :

$$\alpha = 2L/D$$

$$\tau = t/T$$

$$\beta = d/D$$

$$\xi = g/D$$

$$\gamma = D/2T$$

$$\theta = \text{sudut antara brace dan chord}$$

$$\theta_1 = \text{sudut terbesar antara brace terluar dan chord untuk joint K dan K-T}$$

$$\theta_2 = \text{sudut terkecil antara brace terluar dan chord untuk joint K dan K-T}$$

$$\theta_3 = \text{sudut antara brace T dan chord dari joint K-T.}$$

Dimana:

$$L = \text{panjang chord}$$

$$D = \text{diameter terluar chord}$$

$$d = \text{diameter terluar brace}$$

$$T = \text{tebal chord}$$

$$t = \text{tebal brace}$$

$$g = \text{jarak ujung ke ujung antara brace terluar dari joint K-T}$$

$$g_1 = \text{jarak ujung ke ujung brace terluar pertama dan brace T dari joint K-T}$$

$$g_2 = \text{jarak ujung ke ujung antara brace terluar kedua dan brace T joint K-T}$$

Persamaan Smedley

Batasan-batasan parameter:

$$8 \leq \alpha \leq 40$$

$$0,13 \leq \beta \leq 1,0$$

$$12 \leq \gamma \leq 32$$

$$0,25 \leq \tau \leq 1,0$$

$$30^0 \leq \theta \leq 90^0$$



Pada persamaan Smedley berikut, SCF menunjukkan jenis pembebanan dan jenis joint.  $SCF_b$  brace berhubungan pada  $SCF_c$  sebagai berikut:

$$SCF_b = 1 + 0,63 SCF_c \quad (2-40)$$

Persamaan Smedley untuk chord pada posisi saddle:

$$SCF_{AX/T,Y} = \beta\gamma\tau(6,78 - 6,42\beta^{0,5})\sin^{(1,7+0,7\beta^3)}\theta \quad (2-41)$$

$$SCF_{OPB/T,Y} = \beta\gamma\tau(1,6 - 1,15\beta^5)\sin^{(1,35+\beta^2)}\theta \quad (2-42)$$

$$SCF_{AX/K,KT} =$$

$$\left[ \beta\gamma\tau(6,78 - 6,42\beta^{0,5}) \left[ \sin^{(1,7+0,7\beta^3)}\theta_1 - \left( \sin^{(1,7+0,7\beta^3)}\theta_2 \right) (0,012\gamma)^{(2\xi/3+0,4)} (\sin\theta_1 / \sin\theta_2)^{1,8} \right] \right] \quad (2-43)$$

untuk  $\theta_1 \geq \theta_2$ ,  $\theta_3 \leq 90^\circ$

$$SCF_{OPB/K} =$$

$$\left[ \beta\gamma\tau(1,6 - 1,15\beta^5) \left[ \sin^{(1,35+0\beta^2)}\theta_1 + \left( \sin^{(1,35+\beta^2)}\theta_2 \right) (0,016\beta\gamma)^{(\xi+0,45)} (\theta_1 / \theta_2)^{0,3} \right] \right] \quad (2-44)$$

untuk  $\theta_1 \geq \theta_2$

$$SCF_{OPB/KT} =$$

$$\left[ \beta\gamma\tau(1,6 - 1,15\beta^5) \left[ \sin^{(1,35+\beta^2)}\theta_3 + 2 \left( \sin^{(1,35+\beta^2)}\theta_1 \right) (0,016\beta\gamma)^{(\xi+0,45)} (\theta_3 / \theta_1)^{0,3} \right] \left[ 1 - 0,1^{(1+4\xi)} \right]^2 \right] \quad (2-45)$$





untuk  $\theta_1 = \theta_2, \theta_3 \leq 90^\circ$

$$SCF_{AX/X} = 1,7 \beta \gamma \tau (2,42 - 2,28 \beta^{2,2}) \sin^{\beta^2(15-14,4\beta)} \theta \quad (2-46)$$

$$SCF_{OPBX/X} = \beta \gamma \tau (1,56 - 1,46 \beta^2) \sin^{\beta^2(15-14,4\beta)} \theta \quad (2-47)$$

Persamaan Smedley untuk chord pada posisi crown:

$$SCF_{AX/T,Y} = X'_C + X_O X''_C \quad (2-48)$$

Dimana:

$$X'_C = [0,7 + 1,37 \gamma^{0,5} \tau (1 - \beta)] [2 \sin^{0,5} \theta - \sin^3 \theta] \quad (2-49)$$

$$X_O = [\tau (2 \gamma \beta - \tau) (\alpha / 2 - \beta / \sin \theta) \sin \theta] / [2 \gamma - 3] \quad (2-50)$$

$$X''_C = 1,05 + (30 \tau^{1,5} / \tau) (1,2 - \beta) (\cos^4 \theta + 0,15) \quad (2-51)$$

$$SCF_{AX/K,KT} = 1,1 \gamma^{0,65} (\tau \sin \theta_1 / \sin^{0,5} \theta_2) (2\xi)^{0,05/\beta} (1,5 \beta^{0,25} - \beta^2) \quad (2-52)$$

untuk  $\theta_1 \geq \theta_2, \theta_3 \leq 90^\circ$

$$SCF_{IPB/K,KT,T,Y,X} = 0,75 \gamma^{0,6} \tau^{0,8} (1,6 \beta^{0,25} - 0,7 \beta^2) \sin^{(1,5-1,6\beta)} \theta \quad (2-53)$$

## 2.12. Kekuatan Sambungan Turbular

Untuk mengevaluasi kekuatan sambungan tubular dapat dilakukan dengan metode *punching shear* dan beban nominal (API-RP2A).

### 2.12.1. Punching Shear

- *Punching shear stress* dapat dihitung;

$$V_p = \tau \sigma \sin \theta \quad (2-54)$$

dimana :  $\sigma$  = tegangan nominal beban aksial , *in-plane bending*,  
*out-of-plane bending* pada chord.



- Tegangan *punching shear* diijinkan pada dinding chord untuk tiap tipe pembebanan :

$$V_{pa} = Q_q Q_f \frac{F_{yc}}{0,6\gamma} \quad (2-55)$$

dimana :  $Q_q$  = Faktor yang mengindikasikan pengaruh tipe beban dan geometri

$Q_f$  = Faktor yang mengindikasikan keberadaan tegangan longitudinal pada chord

- Kombinasi tegangan aksial dan *bending* harus memenuhi:

$$\left(\frac{V_p}{V_{pa}}\right)^2_{ipb} + \left(\frac{V_p}{V_{pa}}\right)^2_{opb} < 1,0 \quad (2-56)$$

$$\left|\frac{V_p}{V_{pa}}\right|_{AX} + \frac{2}{\pi} \arcsin \left(\left(\frac{V_p}{V_{pa}}\right)^2_{ipb} + \left(\frac{V_p}{V_{pa}}\right)^2_{opb}\right)^{0.5} \leq 1,0 \quad (2-57)$$

### 2.12.2. Beban Nominal

- Kapasitas sambungan diijinkan, dalam bentuk beban pada brace adalah:

$$P_a = Q_u Q_f \frac{\sigma_{yc} T^2}{1,7 \sin \theta} \text{ dikali } 1,33 \text{ (bila perlu)} \quad (2-59)$$

$$M_a = Q_u Q_f \frac{\sigma_{yc} T^2}{1,7 \sin \theta} (0,8d) \text{ dikali } 1,25 \text{ (bila perlu)} \quad (2-60)$$

dimana :  $P_a$  = Kapasitas beban aksial pada brace yang diijinkan



$M_a$  = Kapasitas *bending moment* pada brace yang diijinkan

$Q_u$  = Faktor kekuatan *ultimate* sebagai fungsi tipe sambungan dan beban

- Kombinasi beban aksial dan *bending* maka persamaan interaksi berikut harus terpenuhi:

$$\left(\frac{M}{M_a}\right)^2_{ipb} + \left(\frac{M}{M_a}\right)^2_{opb} < 1,0 \quad (2-61)$$

$$\left|\frac{P}{P_a}\right| + \frac{2}{\pi} \arcsin \left(\left(\frac{M}{M_a}\right)^2_{ipb} + \left(\frac{M}{M_a}\right)^2_{opb}\right)^{0,5} < 1,0 \quad (2-62)$$

### 2.13. Biaya Konstruksi

Biaya total proyek platform terdiri dari dua bagian biaya platform awal dan biaya yang diharapkan yang berhubungan dengan resiko kegagalan. Bisa dituliskan sebagai berikut:

$$E(CT) = CI + E(CT) \quad (2-63)$$

dimana  $E(CT)$  = biaya total yang diharapkan;

$CI$  = biaya platform awal; dan

$E(CF)$  = biaya kegagalan yang diperkirakan.

Kedua biaya awal dan biaya kegagalan yang diperkirakan adalah fungsi dari probabilitas kegagalan platform. Tujuannya adalah untuk menemukan kemungkinan kegagalan  $p_a$  yang akan meminimalkan biaya total. Setelah menemukan  $p_a$  optimal, parameter perancangan seperti





perancangan tinggi gelombang bisa ditentukan dari model yang bisa dipercaya. Perlu dicatat bahwa persamaan (2-63) hanya perlu memasukkan biaya yang merupakan fungsi probabilitas kegagalan. Biaya yang bukan fungsi probabilitas kegagalan tidak akan mempengaruhi pilihan parameter perancangan optimal.

Biaya platform awal dihubungkan langsung dengan tingkat intensitas kriteria perancangan. Tinggi gelombang perancangan  $H_d$  adalah ukuran kekuatan platform. Tinggi gelombang perancangan yang lebih tinggi, keperluan bahan yang lebih banyak dan biaya konstruksi yang lebih tinggi pula. Dengan membentuk platform untuk berbagai tinggi gelombang perancangan yang bermacam-macam, variasi biaya awal dengan tinggi gelombang perancangan bisa diestimasi. Probabilitas kegagalan  $p_a$  bisa diestimasi dari model terpercaya. Plot biaya awal terhadap  $p_a$ , hubungan berikut ini bisa ditemukan untuk menyediakan keakuratan yang sesuai dengan data biaya awal:

$$CI = C_o - C \ln p_a \quad (2-64)$$

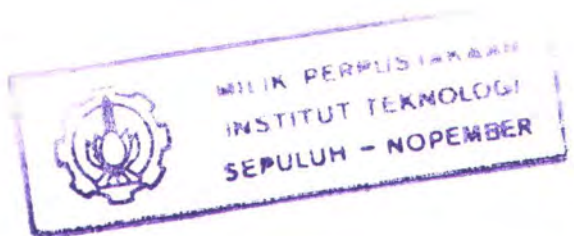
dimana  $C_o$  dan  $C$  adalah konstan. Konstanta  $C$  mewakili kenaikan biaya awal yang diperlukan untuk mengurangi  $p_a$  dengan faktor  $e \approx 2.71$ . Hubungan ini akan berguna untuk mengembangkan penyelesaian tertutup untuk nilai optimal  $p_a$

Biaya kegagalan bisa dikelompokkan menjadi kategori berikut ini:

- a. Biaya perbaikan.
  - i. Barang-barang yang diselamatkan



- ii. Penutupan sumur
- iii. Pengurangan dan pembersihan polusi
- b. Biaya penggantian.
  - i. Penggantian platform
  - ii. Penggantian alat produksi
  - iii. Pemboran kembali sumur
- c. Biaya atau penalty yang berhubungan dengan produksi (pendapatan)
  - i. Perkiraan kerugian karena penundaan produksi.
  - ii. Perkiraan kerugian karena cadangan yang bebas.





# **BAB III**

# **PERANCANGAN DAN**

# **PEMODELAN STRUKTUR**







### BAB III

## PERANCANGAN DAN PEMODELAN STRUKTUR

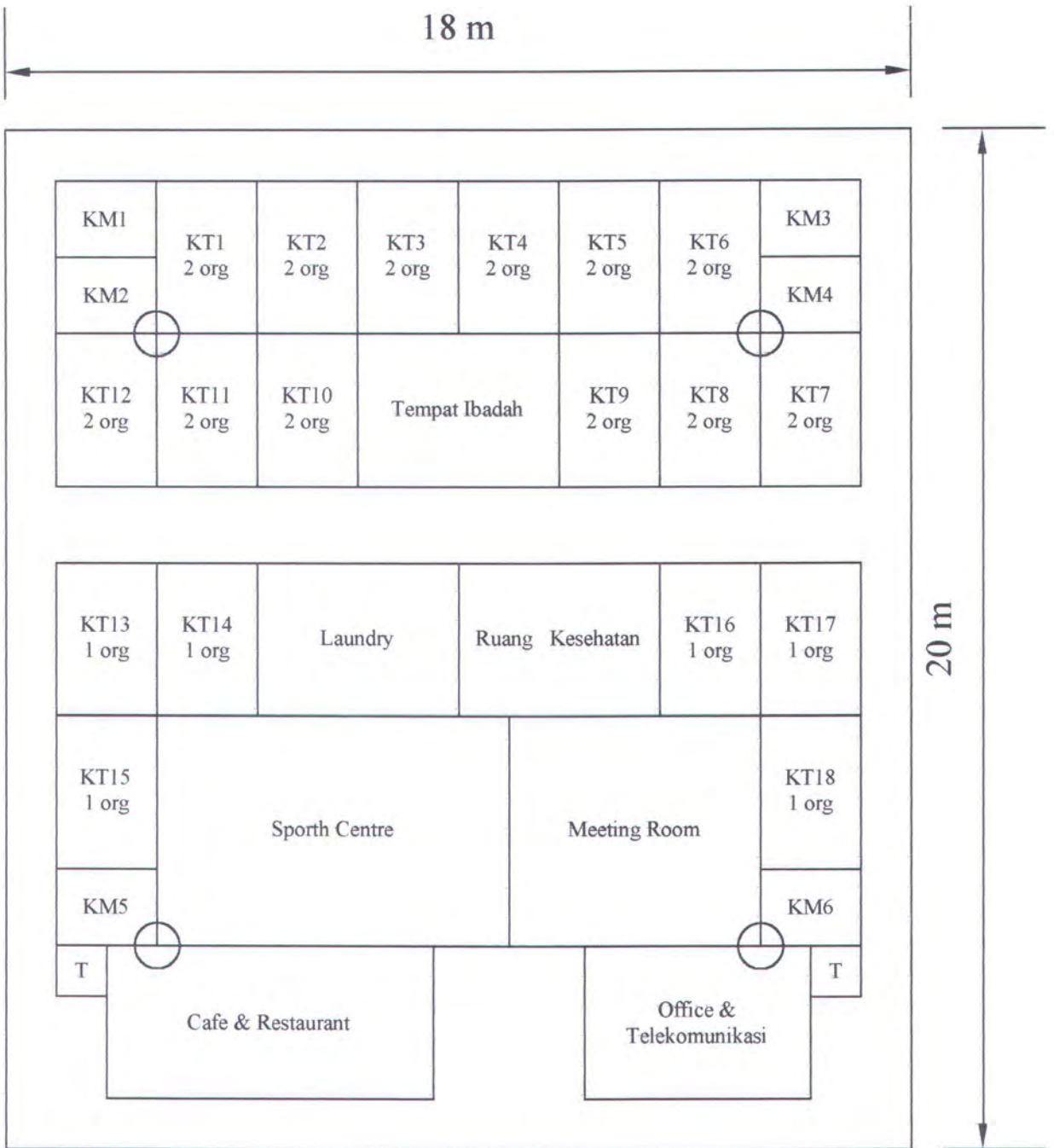
### 3.1. Geometri Struktur dan Penentuan Tubular

#### 3.1.1. Luasan Deck

Tahap perancangan struktur *jacket*, pertama kali yang dilakukan adalah menentukan peralatan- peralatan yang dibutuhkan untuk jenis *jacket* yang akan dioperasikan. Jenis *jacket* yang direncanakan untuk studi ini adalah *jacket* jenis akomodasi dengan jumlah penghuni 30 orang. Untuk keperluan peralatan dan luasan seperti yang ditunjukkan tabel 3.1. Fasilitas dan ukuran peralatan.

**Tabel 3.1.1. Fasilitas dan ukuran peralatan**

No	Deck		
	Nama	Ukuran	Luas (m <sup>2</sup> )
1	12 kamar tidur (@ 2 orang)	@ 2 x 3	72
2	6 kamar tidur (@ 1 orang)	@ 2 x 3	36
3	6 kamar mandi	@ 1.5 x 2	18
4	Tempat ibadah	3 x 4	12
5	Ruang pertemuan	4.5 x 6	27
6	Kantor dan telekomunikasi	3 x 4.5	13,5
7	Kafe dan restoran	3 x 6.5	19,5
8	Pusat olahraga	4.5 x 7	31,5
9	Ruang kesehatan	3 x 4	12
10	Laundry	3 x 4	12
11	Ruang olahraga	4.5 x 7	31.5
12	2 Tangga penghubung ke helideck	1 x 1	2
13	Helideck	12 x 12	144
14	Ruang tunggu	1 x 2	2
Total Luasan			433



Designed by ALI_MURTOYO	Checked by -	Approved by - date -	File name -	Date -	Scale SCALE
TEKNIK_KELAUTAN			General_Arrangement		
			PANDANGAN_X-Z	Edition 1	Sheet 3.1.1.



Setelah peralatan ditentukan beserta luasannya untuk selanjutnya menentukan luasan *deck* yang cukup untuk menampung peralatan tersebut, serta menentukan ukuran tebal *plate*, *main girder*, *secondary girder* dan *stiffner*. Untuk menampung peralatan yang tercantum dalam tabel 3.1. maka digunakan dua *deck*. *Deck* utama dan *helideck*. Kemudian peralatan ditata berdasarkan kesesuaian luasan maka luasan *deck* utama adalah  $18 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 360 \text{ m}^2$ , sedangkan untuk luasan *helideck* adalah  $12 \text{ m} \times 12 \text{ m} = 144 \text{ m}^2$ .

### 3.1.2. Beban pada Main Deck dan Heli Deck

Penentuan ukuran *plate*, *main girder*, *secondary girder* dan *stiffner* berdasarkan beban yang bekerja pada *deck*. Sebelum menentukan ukurannya maka terlebih dahulu melakukan peletakkan *main girder* yang tepat agar keperluan ukuran *main girder*, *secondary girder* tidak terlalu besar dan kesesuaian dengan tata letak peralatan diatas *deck*. Namun terlebih dahulu harus diketahui berat beban yang bekerja pada *deck* adalah sebagai berikut:

1. Beban yang bekerja pada *main deck* sebesar 10 tons/man untuk berat kering, sedangkan berat basah nya 15% sampai 20 % lebih besar dari berat kering, jadi berat basah nya 12 ton/man (McLelland, 1986). Jika *deck* direncanakan untuk 30 orang maka beban operasional total =  $30 \times 12 = 360 \text{ tons}$  bekerja pada luasan  $18 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ . Jadi beban yang bekerja pada *main deck* sebesar 
$$= \frac{30 \times 12}{18 \times 20}$$





1 ton/ m<sup>2</sup> = 0,0014223 ksi. Beban yang bekerja pada *main deck* tersebut merupakan beban merata.

2. Beban yang bekerja pada helideck ada dua jenis yaitu beban merata sebesar 205 kg/m<sup>2</sup> = 0,000292 ksi dan beban terpusat akibat benturan kaki helikopter pada saat tinggal landas, masing-masing sebesar 23544 N = 5,291 kips ( Rumawas,1992). Pada perancangan helideck ini beban terpusat dikenakan pada dua titik sejauh 3 m.

### 3.1.3. Plate, Girder dan Stiffner

#### 3.1.3.1. Main Deck

##### Plate

$$\begin{aligned} \text{Beban per in}^2 &= \frac{30 \times 12}{18 \text{m} \times 20 \text{m}} = \frac{360}{360} = 1 \text{ ton/m}^2 \\ &= 0.0014223 \text{ ksi} \\ M_{\max} &= \frac{wL^2}{12} = \frac{0.0014223(1.5 \text{m})^2}{12} \\ &= \frac{0.0014223(59.055)^2}{12} = 0.41336 \text{ kips} \end{aligned}$$

Coba 0,36 in = 9 mm , dengan material baja A36

$$F_B = 0.66 \times 36 \text{ ksi} = 23.76 \text{ ksi}$$

$$S = \frac{t^2}{6} = \frac{0.36^2}{6} = 0.0216 \text{ in}^3$$

$$F_b = \frac{0.41336}{0.0216} = 19.137 \text{ ksi} < 23.76 \text{ ksi}$$

Jadi ketebalan plate pada main deck adalah 9 mm



## Secondary Girder

Jarak setiap secondary girder adalah 1.5 m

$$\text{Beban per in} = 1.5 \text{ m} \times 0.0014223$$

$$= 59.055 \times 0.0014223 = 0.084 \text{ kips/in}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{wL^2}{12} = \frac{0.084 \times (12\text{m})^2}{12} \\ &= \frac{0.084(472.441)^2}{12} = 1562.403 \text{ kips-in} \end{aligned}$$

Material baja A36

$$F_B = 0.66 \times 36 \text{ ksi} = 23.76 \text{ ksi}$$

$$S_x = \frac{M_{\max}}{F_B} = \frac{1562.403}{23.76} = 65.758 \text{ in}^3$$

Diambil W16 x 45 dimana  $S_x = 72.7 \text{ in}^3 > 65.758 \text{ in}^3$

### 3.1.3.2. Heli Deck

Plate

$$\text{Beban per in}^2 = 0.000292 \text{ ksi}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{wL^2}{12} = \frac{0.000292(3\text{m})^2}{12} \\ &= \frac{0.000292(118.11)^2}{12} = 0.3395 \text{ kips} \end{aligned}$$

Coba 0.32 in = 8 mm , dengan material baja A36

$$F_B = 0.66 \times 36 \text{ ksi} = 23.76 \text{ ksi}$$

$$S = \frac{t^2}{6} = \frac{0.32^2}{6} = 0.0171 \text{ in}^2$$



$$F_b = \frac{0.3395}{0.0171} = 19.854 \text{ ksi} < 23.76 \text{ ksi}$$

Jadi ketebalan plate pada heli deck adalah 8 mm

## Secondary Girder

Jarak secondary girder terjauh adalah 4.5 m

Beban per in = 3m x 0.000292 ksi

$$= 118.11 \times 0.000292 = 0.0345 \text{ kips/in}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{wL^2}{12} = \frac{0.0345(4.5\text{m})^2}{12} \\ &= \frac{0.0345(177.1654)^2}{12} = 90.24 \text{ kips-in} \end{aligned}$$

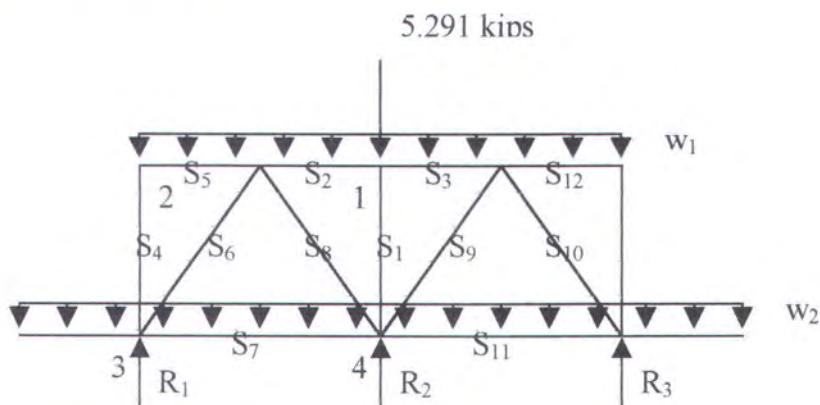
Material baja A36

$$F_B = 0.66 \times 36 \text{ ksi} = 23.76 \text{ ksi}$$

$$S_x = \frac{M_{\max}}{F_B} = \frac{90.24}{23.76} = 3.8 \text{ in}^3$$

Diambil W6 x 9 dimana  $S_x = 5.56 \text{ in}^3 > 3.8 \text{ in}^3$

### 3.1.3.3. Main Girder







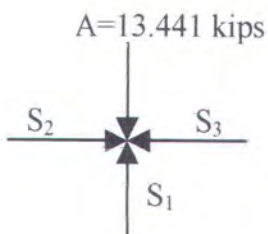
$$\begin{aligned}w_1 &= 0.000292 \text{ ksi} \times (6\text{m}) &= 0.000292 \times 236.22 \\&= 0,069 \text{ kips/in}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_2 &= 0.0014223 \text{ ksi} \times (6\text{m}) &= 0.0014223 \times 236.22 \\&= 0.336 \text{ kips/in}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_1 = R_3 &= 0.336 \times 6 \text{ m} + 0.069 \times 3\text{m} \\&= 0.336 \times 157.48 + 0.069 \times 118.11 \\&= 87.52 \text{ kips}\end{aligned}$$

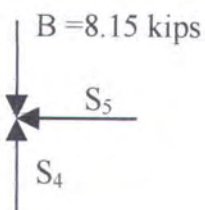
$$\begin{aligned}R_2 &= 0.336 \times 6 \text{ m} + 0.069 \times 6\text{m} + 5.297 \text{ kips} \\&= 0.336 \times 157.48 + 0.069 \times 118.11 + 5.297 \text{ kips} \\&= 100.96 \text{ kips}\end{aligned}$$

### Titik 1



$$\begin{aligned}A &= 5.291 + 0.069 \times 3 \text{ m} \\&= 5.291 + 0.069 \times 118.11 \\&= 13.441 \text{ kips} \\S_1 &= A \\&= 13.441 \text{ kips}\end{aligned}$$

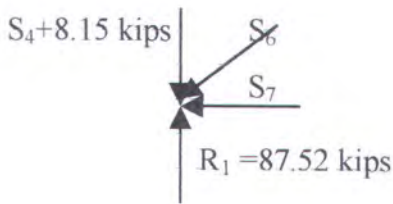
### Titik 2



$$\begin{aligned}B &= 0.069 \times 3 \text{ m} \\&= 0.069 \times 118.11 \\&= 8.15 \text{ kips} \\S_4 &= B \\&= 8.15 \text{ kips}\end{aligned}$$



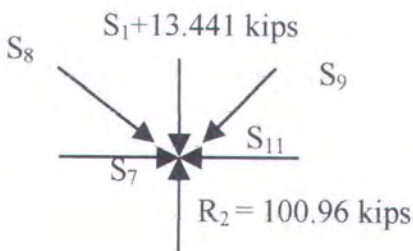
### Titik 3



$$\begin{aligned} S_6 &= \frac{5}{4} (R_1 - (S_4 + 8.15)) \\ &= \frac{5}{4} (87.52 - (8.15 + 8.15)) \\ &= 89.026 \text{ kips} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_7 &= \frac{3}{5} S_6 = \frac{3}{5} 89.026 \\ &= 53.4156 \text{ kips} \end{aligned}$$

### Titik 4



$$\begin{aligned} S_8 &= S_9 \\ S_8 &= \frac{5}{8} (R_2 - (S_1 + 13.441)) \\ &= \frac{5}{8} (100.96 - (13.441 + 13.441)) \\ &= 46.299 \text{ kips} \end{aligned}$$

Dari titik 1

$$\begin{aligned} S_5 &= \frac{3}{5} \left( \frac{5}{4} 8.15 \right) = 6.1125 \text{ kips} \\ S_2 &= S_5 + \frac{3}{5} S_6 - \frac{3}{5} S_8 \\ &= 6.1125 + \frac{3}{5} 89.026 - \frac{3}{5} 46.299 \\ &= 18.3369 \text{ kips} \end{aligned}$$

**Main girder dari main deck**

$$\begin{aligned}M_{\max} &= \frac{wL^2}{12} = \frac{0.336 \times (3m)^2}{12} \\&= \frac{0.336(118.11)^2}{12} = 390.6008 \text{ kips-in}\end{aligned}$$

Coba W 30 x 90 ,material baja A36

$$S = 245 \text{ in}^3 \quad A = 26.4 \text{ in}^2$$

$$F_t = 0.66 \times 36 = 23.76 \text{ ksi}$$

$$F_b = 0.66 \times 36 = 23.766 \text{ ksi}$$

$$f_a = \frac{53.4156}{26.4} = 2.02332 \text{ ksi}$$

$$f_b = \frac{390.6008 \times 12}{245} = 19.1315 \text{ ksi}$$

$$IR = \frac{f_a}{F_t} + \frac{f_b}{F_b} = \frac{2.02332}{23.76} + \frac{19.1315}{23.76} = 0.8904$$

Jadi untuk main girder pada main deck adalah W 30 x 90

**Main girder dari heli deck**

$$\begin{aligned}M_{\max} &= \frac{wL^2}{12} = \frac{0.069 \times (3m)^2}{12} \\&= \frac{0.069(118.11)^2}{12} = 80.213 \text{ kips-in}\end{aligned}$$

Coba W 12 x 40 ,material baja A36

$$S = 519 \text{ in}^3 \quad A = 11.8 \text{ in}^2$$

$$F_t = 0.66 \times 36 = 23.76 \text{ ksi}$$





$$F_b = 0.66 \times 36 = 23.76 \text{ ksi}$$

$$f_a = \frac{18.3369}{11.8} = 1.554 \text{ ksi}$$

$$f_b = \frac{80.213 \times 12}{51.9} = 18.5464 \text{ ksi}$$

$$IR = \frac{f_a}{F_t} + \frac{f_b}{F_b} = \frac{1.554}{23.76} + \frac{18.5464}{23.76} = 0.846$$

Jadi untuk main girder pada heli deck adalah W 12 x 40

### Stiffner diagonal atas

Coba W 12 x 16 ,material baja A36

$$A = 4.71 \text{ in}^2$$

$$F_t = 0.66 \times 36 = 23.76 \text{ ksi}$$

$$f_a = \frac{89.026}{4.71} = 18.9015 \text{ ksi}$$

$$\frac{f_a}{F_t} = \frac{18.9015}{23.76} = 0.796$$

Jadi untuk stiffner untuk diagonal atas adalah W 12 x 16

### Stiffner diagonal bawah

Coba OD = 10.750 in = 0.273 m

t = 0.365 in = 0.0093 m

A = 11.9 in<sup>2</sup>      r = 3.67 in

L = 12 m = 472.441 in

$$\frac{kL}{r} = \frac{0.8 \times 472.441}{3.67} = 102.984$$

Fa = 0.66 x 36 = 23.76 ksi



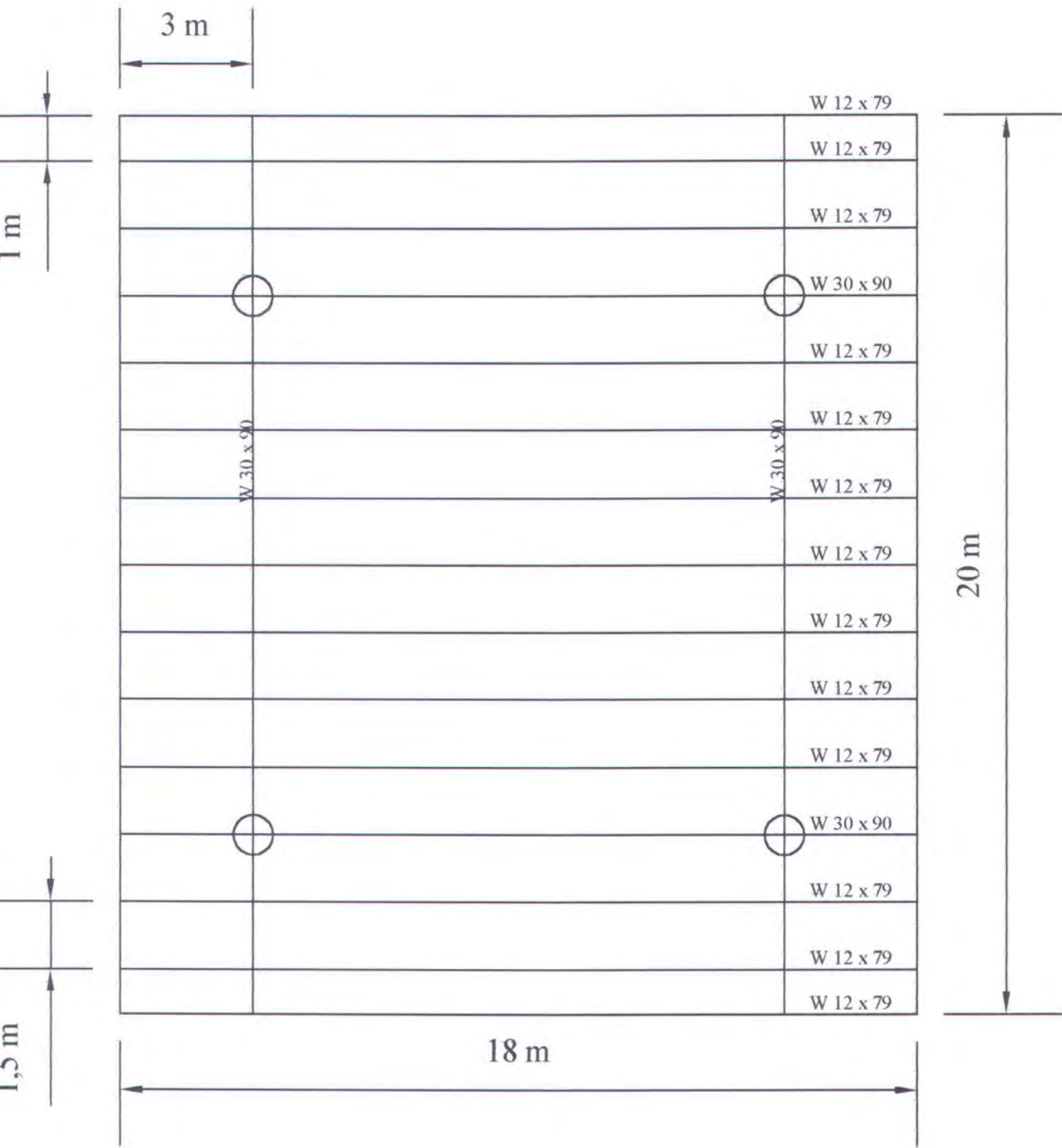
$$f_a = \frac{89.026}{11.9} = 7.481$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{7.481}{23.76} = 0,31$$

Jadi untuk stiffner diagonal menggunakan OD = 10.750 in dan tebal = 0.365 in.

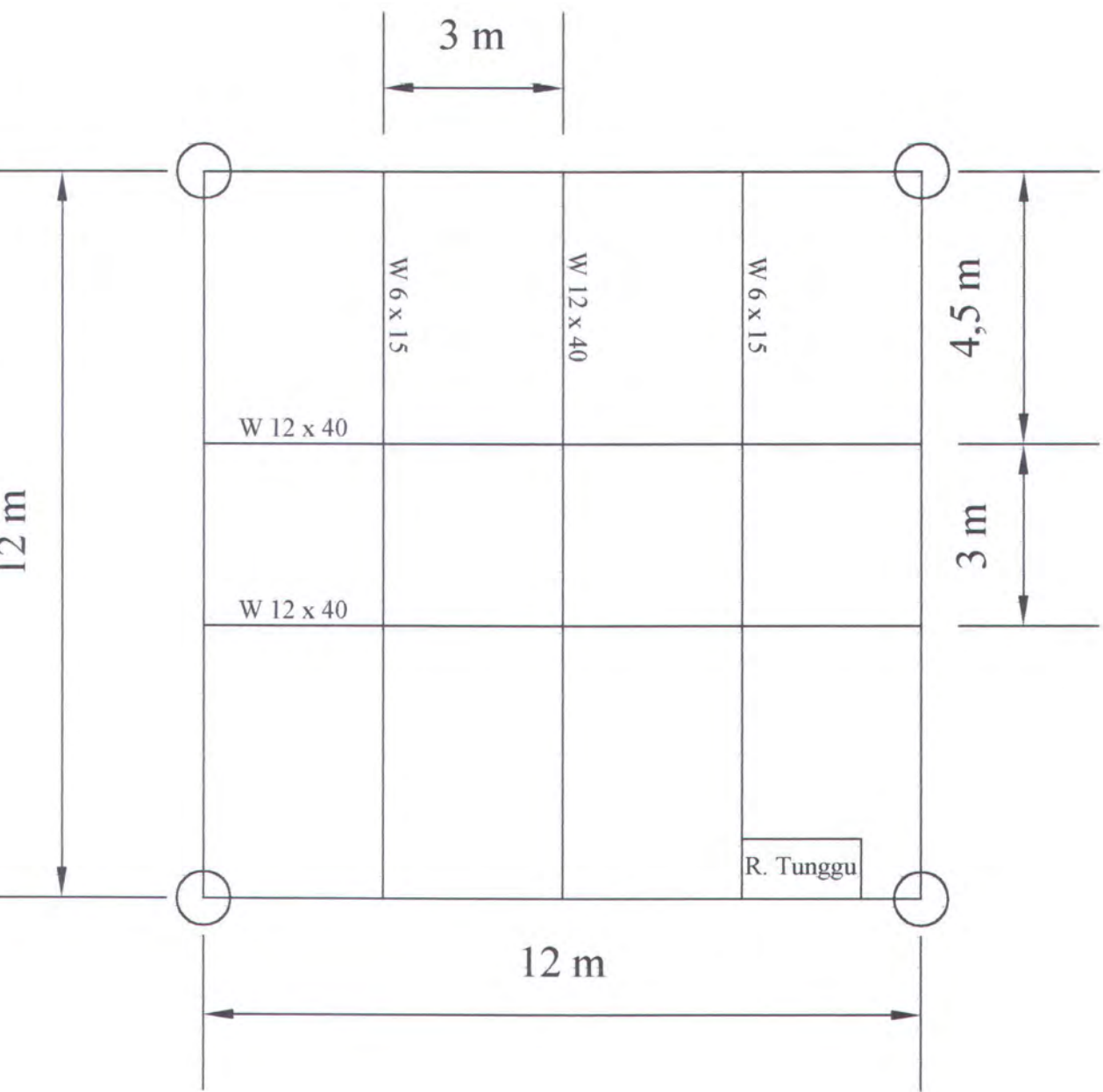
Setelah ukuran *plate*, *main girder*, *secondary girder* dan *stiffner* diperoleh untuk selanjutnya di modelkan dan dianalisa apakah ukuran-ukuran tersebut mampu menahan beban yang bekerja, ternyata terjadi kegagalan pada *secondary girder* dan dilakukan perubahan ukuran:

1. *Secondary girder* pada main deck dari W 16 x 45 menjadi 12 x 79
2. *Secondary girder* pada heli deck dari W 6 x 9 menjadi 6 x 15

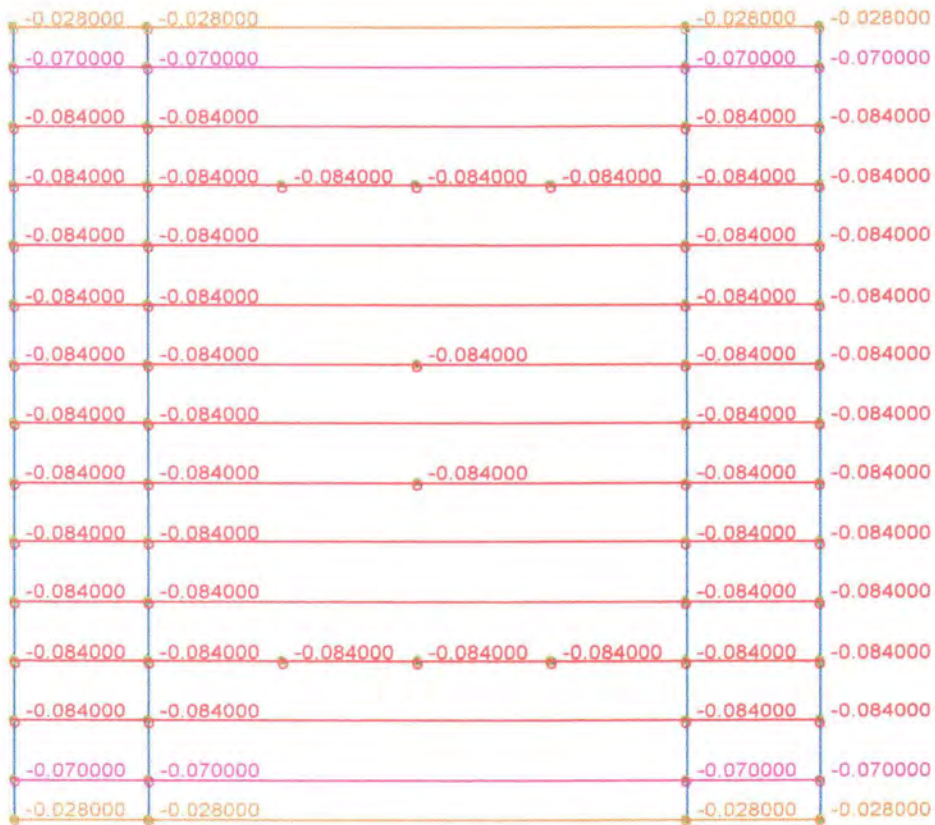


Designed by ALI_MURTOYO	Checked by -	Approved by - date -	File name -	Date -	Scale SCALE
TEKNIK_KELAUTAN			Profil_Main_Deck		
			PANDANGAN_X-Z	Edition 1	Sheet 3.1.2.

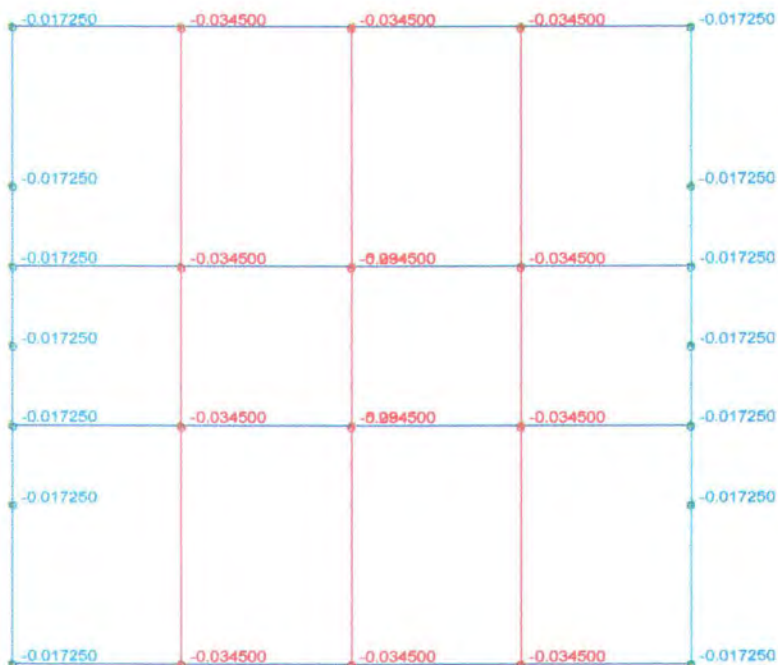




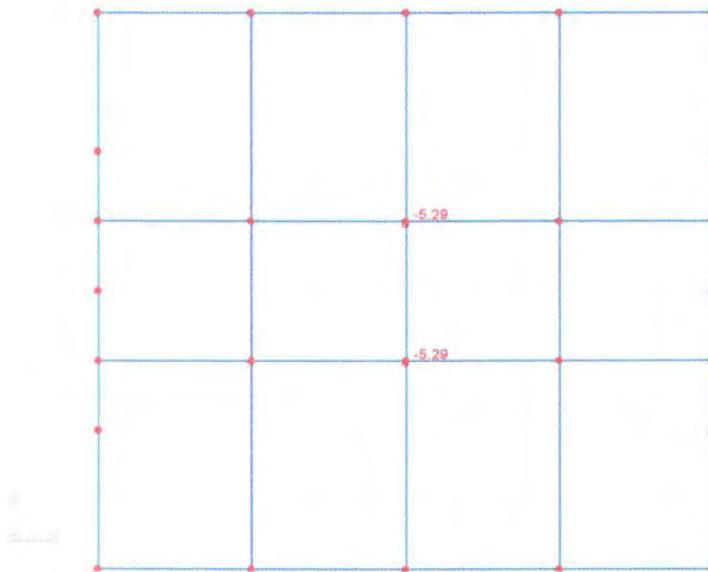
Designed by ALI_MURTOYO	Checked by -	Approved by - date -	File name -	Date -	Scale SCALE
TEKNIK_KELAUTAN		Profil_Heli_Deck			
		PANDANGAN_X-Z	Edition 1	Sheet 3.1.3.	



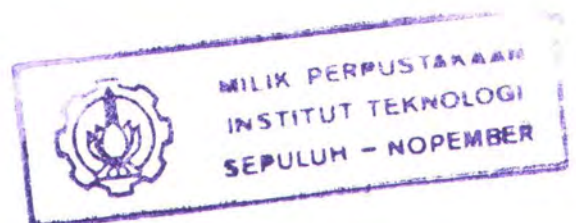
Gambar 3.1.4. Beban garis pada maindeck dalam kips/in



Gambar 3.1.5. Beban garis pada helideck dalam kips/in



Gambar 3.1.6. Beban terpusat pada helidek dalam kips







### 3.1.4. Penentuan Ukuran Tubular

#### 3.1.4.1. Kaki Jacket (*Chord*)

Setelah koordinat tumpuan kaki jaket pada *deck* diperoleh maka ukuran *tubular member* serta ketebalannya dapat ditentukan. *Batter* yang digunakan dalam studi ini adalah 1:8, 1:10, 1:12, 1:14 untuk kedua model *jacket* yaitu *single batter* dan *double batter*, jadi untuk model yang dirancang ada 8. Karena studi ini untuk membandingkan pengaruh *batter* terhadap kekuatan dan biaya konstruksi maka penentuan ukuran *tubular member* dengan satu acuan, disini sebagai acuan akan digunakan *jacket* dengan *batter* 1:12.

$$\begin{aligned}\text{Tinggi kaki jacket direncanakan} &= \text{Water depth} + \text{Air Gap} + \\ \text{Operasional} &\quad \text{Wave Height} \\ &= 33.4 \text{ m} + 5 \text{ m} + 9.88 \text{ m} \\ &= 48.28 \text{ m}\end{aligned}$$

$$L = 48.28 \text{ m}$$

$$k = 0.8$$

$$r = 0.5 D$$

$$kl/r = 120$$

$$r = kL/120$$

$$= 0.8 \times 48.28 / 120$$

$$= 0.322 \text{ m}$$

$$0.35 \text{ OD} = 0.322$$

$$\text{OD} = 0.322/0.35$$



$$= 0.9203 \text{ m} \approx 0.9 \text{ m}$$

$$D/t = 35$$

$$t = 0.9203 / 35$$

$$= 0.026292 \text{ m} \approx 0.025 \text{ m}$$

$$ID = OD - 2t$$

$$= 0.9 - 2(0.025)$$

$$= 0.85 \text{ m}$$

#### 3.1.4.2. Brace Horizontal

$$L_{\max} = 18 \text{ m}$$

$$k = 0.8$$

$$r = 0.35 D$$

$$kl/r = 110$$

$$r = k.L/110$$

$$= 0.8 \times 18 / 110$$

$$= 0.1309 \text{ m}$$

$$0.35 \times OD = 0.1309$$

$$OD = 0.1309 / 0.35$$

$$= 0.375026 \text{ m} \approx 0.38 \text{ m}$$

$$D/t = 40$$

$$t = 0.375026 / 40$$

$$= 0.009351 \text{ m} \approx 0.01 \text{ m}$$



$$\begin{aligned} ID &= OD - 2t \\ &= 0.38 - 2(0.01) \\ &= 0.36 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 3.1.4.3. Brace Diagonal

Brace yang digunakan brace X

$$L_{\max} = 20.833 \text{ m}$$

$$k = 0.8$$

$$r = 0.35 D$$

$$kl/r = 120$$

$$\begin{aligned} r &= kL/120 \\ &= 0.8 \times 20.833 / 110 \\ &= 0.139 \text{ m} \end{aligned}$$

$$0.35 \times OD = 0.139$$

$$\begin{aligned} OD &= 0.139/0.35 \\ &= 0.3968 \text{ m} \approx 0.4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$D/t = 40$$

$$\begin{aligned} t &= 0.3968 / 40 \\ &= 0.00992 \text{ m} \approx 0.01 \text{ m} \end{aligned}$$

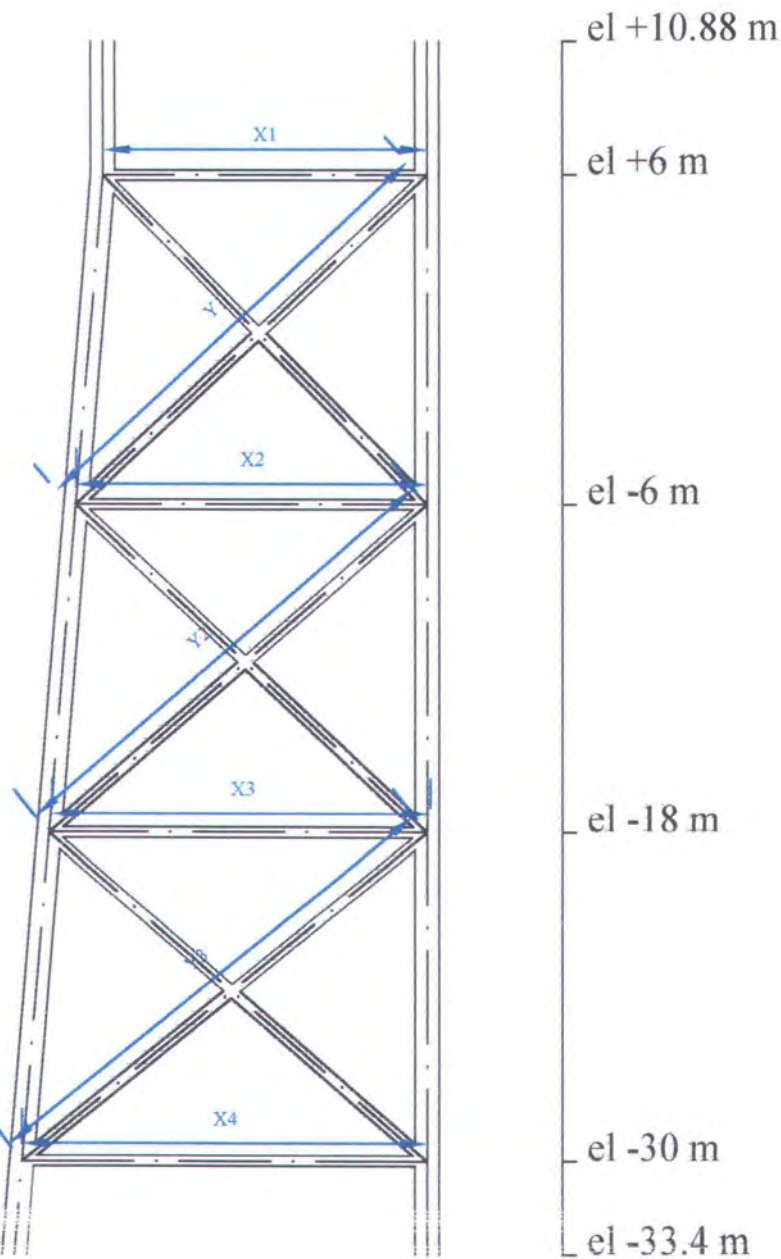
$$\begin{aligned} ID &= OD - 2t \\ &= 0.4 - 2(0.01) \\ &= 0.38 \text{ m} \end{aligned}$$





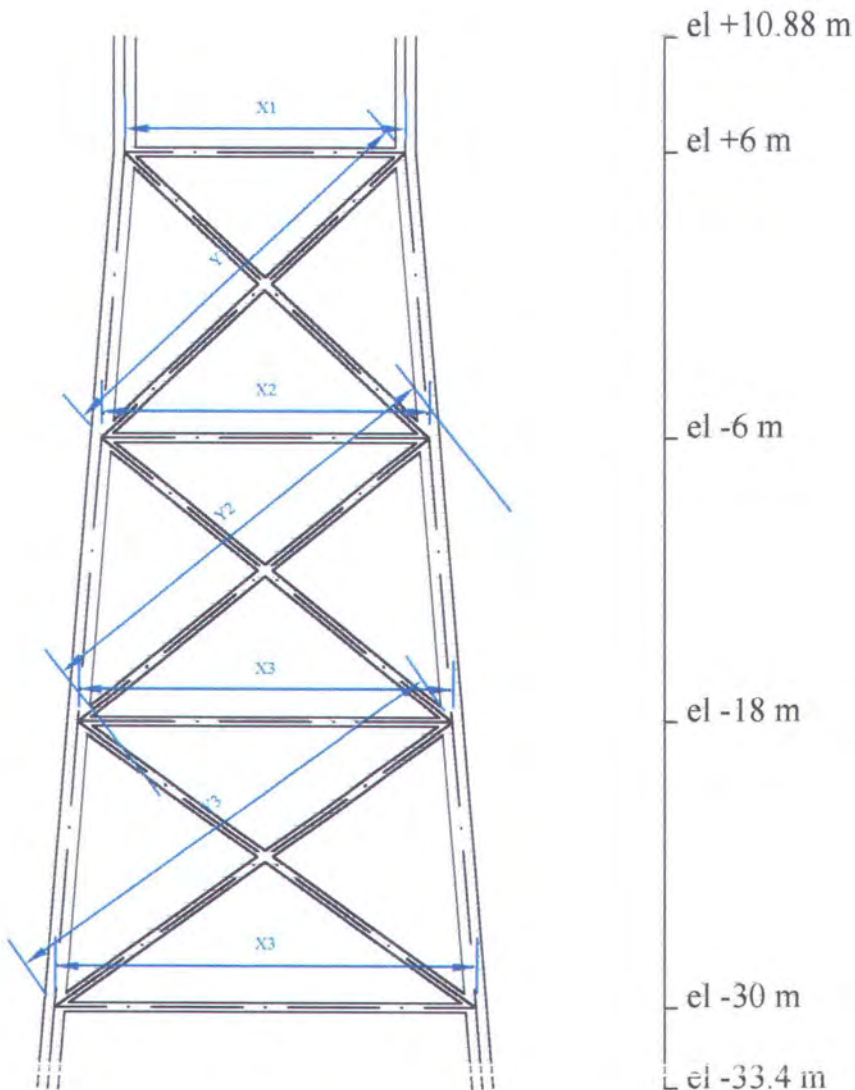
Tabel 3.1.2. Ukuran tubular

Komponen Struktur	Lmax (m)	OD (m)	t (m)	ID (m)
Chord	48.31	0.9	0.025	0.85
Brace Horisontal	18	0.38	0.01	0.36
Brace Diagonal	20.833	0.4	0.01	0.38



Length (meter)	Batter			
	1:8	1:10	1:12	1:14
X1	12	12	12	12
X2	13.5	13.2	13	12.857
X3	15	14.4	14	13.714
X4	16.5	15.6	15	14.571
Y1	18.125	17.88	17.72	17.608
Y2	19.268	18.783	18.466	18.243
Y3	20.457	19.716	19.235	18.896

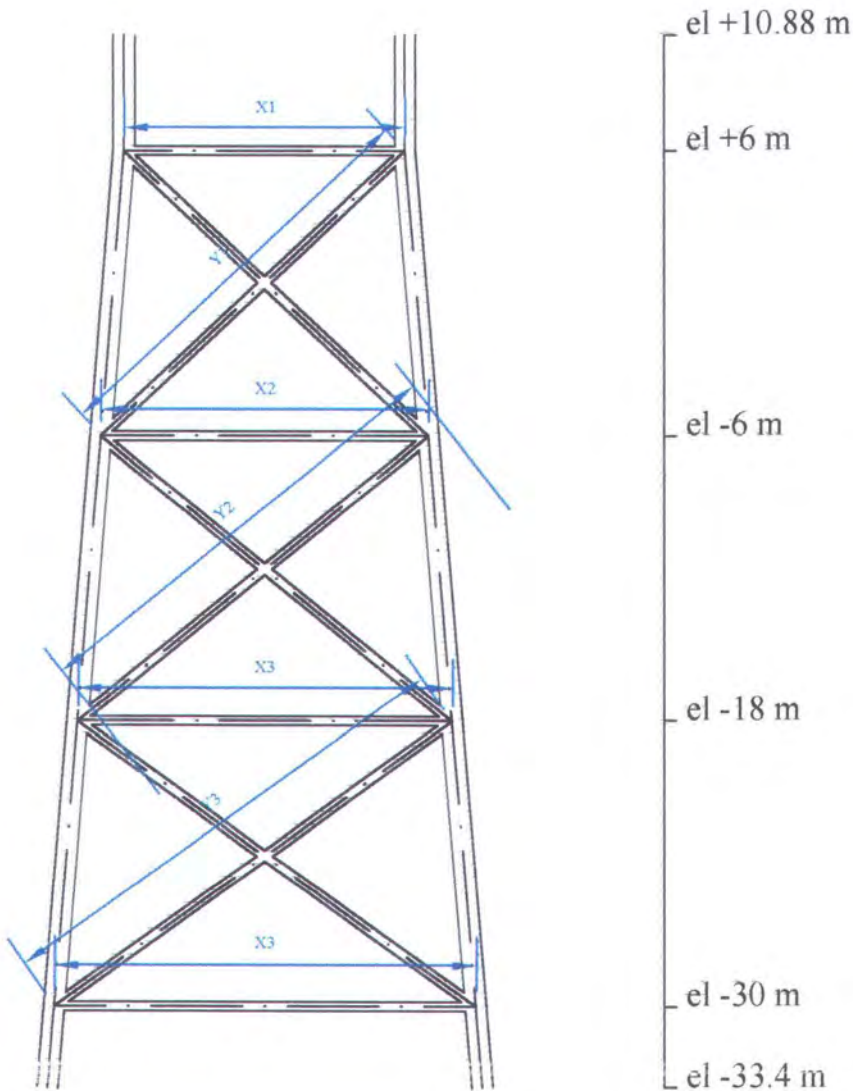
Designed by ALI_MURTOYO	Checked by -	Approved by - date -	File name -	Date -	Scale SCALE
TEKNIK_KELAUTAN			SINGLE_BATTER		
			PANDANGAN_X-Y	Edition 1	Sheet 3.1.7.



Length (meter)	Batter			
	1:8	1:10	1:12	1:14
X1	12	12	12	12
X2	15	14.4	14	13.714
X3	18	16.8	16	15.429
X4	21	19.2	18	17.143
Y1	18.062	17.839	17.682	17.587
Y2	20.402	19.681	19.206	18.877
Y3	22.897	21.633	20.809	20.229

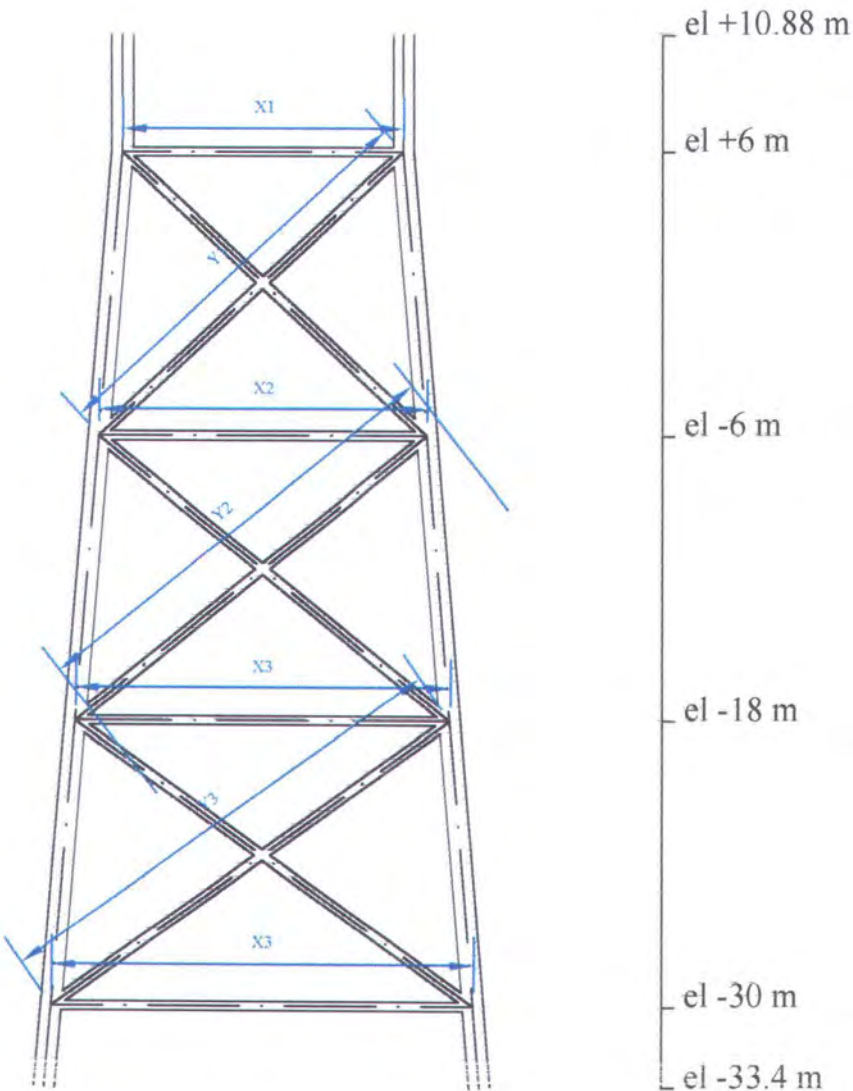
Designed by ALI_MURTOYO	Checked by -	Approved by - date -	File name -	Date -	Scale SCALE
TEKNIK_KELAUTAN			SINGLE_BATTER		
			PANDANGAN_Y-Z	Edition 1	Sheet 3.1.8.





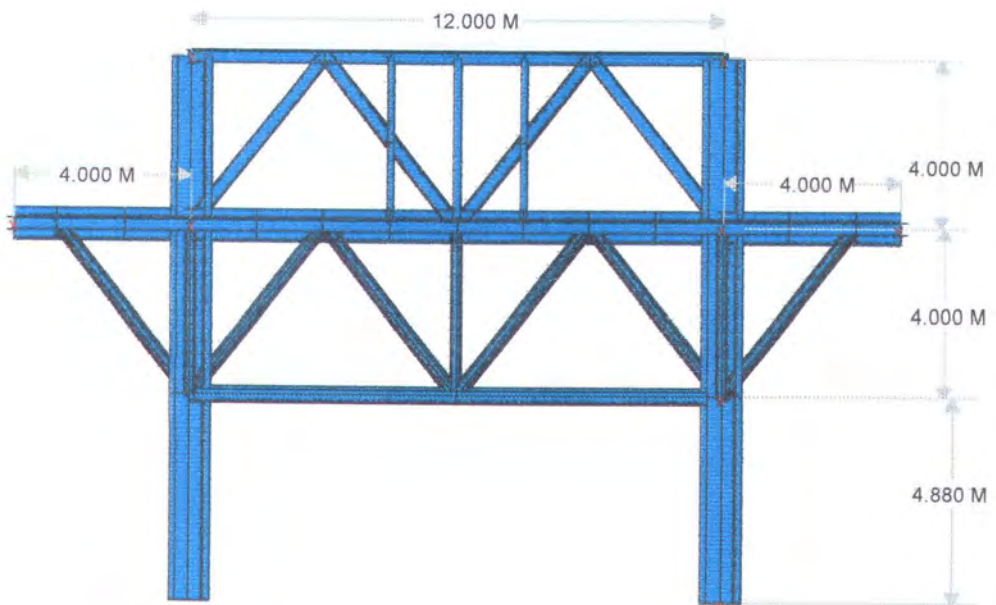
Length (meter)	Batter			
	1:8	1:10	1:12	1:14
X1	12	12	12	12
X2	15	14.4	14	13.714
X3	18	16.8	16	15.429
X4	21	19.2	18	17.143
Y1	18.125	17.88	17.72	17.608
Y2	20.457	19.716	19.235	18.896
Y3	22.946	21.667	20.833	20.247

Designed by ALI_MURTOYO	Checked by -	Approved by - date -	File name -	Date -	Scale SCALE
TEKNIK_KELAUTAN		DOUBLE_BATTER			
		PANDANGAN_X-Y		Edition 1	Sheet 3.1.9.

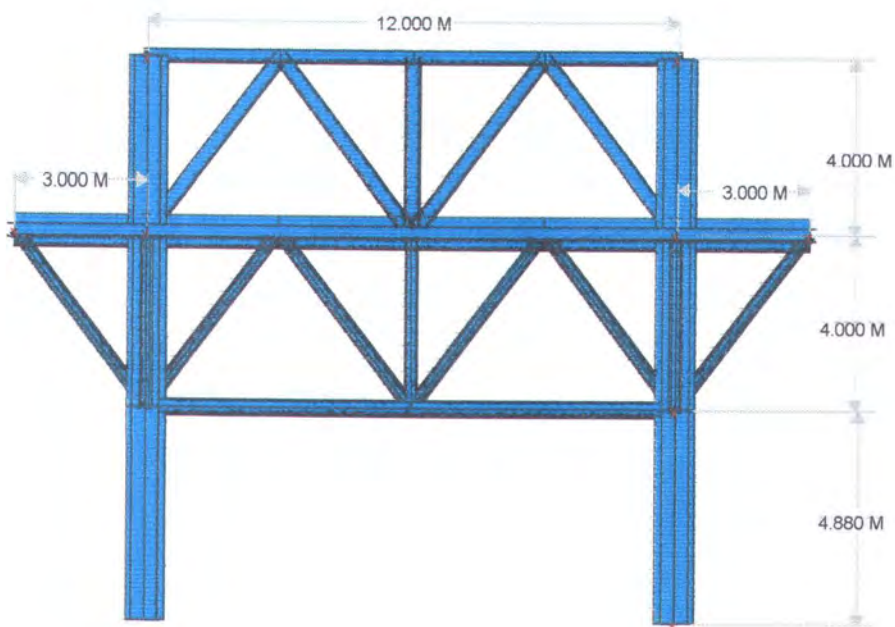


Length (meter)	Batter			
	1:8	1:10	1:12	1:14
X1	12	12	12	12
X2	15	14.4	14	13.714
X3	18	16.8	16	15.429
X4	21	19.2	18	17.143
Y1	18.125	17.88	17.72	17.608
Y2	20.457	19.716	19.235	18.896
Y3	22.946	21.667	20.833	20.247

Designed by ALI_MURTOYO	Checked by -	Approved by - date -	File name -	Date -	Scale SCALE
TEKNIK_KELAUTAN			DOUBLE_BATTER		
			PANDANGAN_Y-Z	Edition 1	Sheet 3.1.10.



Gambar 3.1.11. Deck pandangan samping (YZ)



Gambar 3.1.12. Deck pandangan samping (XY)





### 3.2. Pemodelan Struktur

Setiap analisa struktur ada beberapa tahapan yang harus dilakukan yaitu pemodelan struktur, uji laboratorium dan yang terakhir mendapatkan hasil yang diinginkan. Ketiga tahapan tersebut ada yang mutlak harus dilakukan dan ada yang bisa dihilangkan, yang mutlak dilakukan adalah pemodelan sedangkan uji lab tidak mutlak dilakukan. Tahapan tersebut dapat dilakukan dengan jalur pemodelan yang kemudian dilakukan analisa yang akan mendapatkan suatu hasil, begitu pula untuk proses yang digunakan dalam uji laboratorium.

Pada penelitian kaki ini dilakukan proses pemodelan dan analisa tanpa menggunakan uji laboratorium. Adapun analisa yang digunakan adalah dengan menggunakan suatu metode elemen hingga (*finite element method*). Metode elemen hingga merupakan suatu metode pemodelan dan analisa struktur yang lebih kompleks dan detail. Metode ini menjadikan bentuk bentuk fisik model struktur sebagai suatu sistem linier yang berkesinambungan dengan jalan membagi bentuk fisik struktur menjadi kelompok elemen yang lebih kecil. Elemen-elemen ini dihubungkan dengan simpul-simpul sehingga menjadi suatu sistem yang kontinyu. Sebagai acuan perhitungan dalam metode elemen hingga biasanya adalah *displacement method*, yaitu perpindahan dari simpul-simpul yang dianalisa dinyatakan sebagai parameter yang belum diketahui. Dengan demikian untuk mendapatkan respon keseluruhan model diperlukan persiapan yang matang dalam pembuatan model.



Model struktur jacket kaki empat yang akan dianalisa berjumlah 8 model. Dimana model jacket disini menggunakan batter 1:8, 1:10, 1:12 dan 1:14 untuk kedua jenis jacket (single dan double batter). Untuk deck yang digunakan dari delapan model sama, serta untuk ukuran turbular (OD dan thick) sama dengan acuan batter 1:12 . Pemodelan disini menggunakan GTStrudl. Adapun data- data yang dibutuhkan dalam pemodelan struktur meliputi data lingkungan, data struktur, teori gelombang, dan arah datang gelombang, serta beberapa data yang dibutuhkan.

### 3.2.1. Data Lingkungan

**Tabel 3.2.1.**  
**Data gelombang, arus dan angin**

<b>100-Year Storm Wind, Tide, and Wave Characteristics: 5°22'30"S, 106°33'54"E: 105 Foot Chart Depth : Offshore Northwest Java : Java Sea</b>	
Chart Depth (lowest normal low water depth)	105.0 ft
Highest Astronomical Tide	4.2 ft
Storm Tide	0.5 ft
Total Tide	4.7 ft
Still Water Depth	109.7 ft
Height of Maximum Wave	32.4 ft
Periode of Maximum Wave	9.8 sec
Crest Elevation of Maximum Wave Above Still Water Level	18.7 ft
Crest Elevation of Maximum Wave Above Chart Datum	23.4 ft
Crest Elevation of Maximum Wave Above Bottom	128.4 ft
Length of Maximum Wave	468.5 ft
1 Hour Wind	63 mph
0,5 Hour Wind	66 mph
1 Minute Wind	80 mph
Maximum Instantaneous Gust	96 mph





Tabel 3.2.2.

## Data kecepatan arus

100-Year Combined Wind Drift, Geostrophic, and Tidal Current: Versus Percent of Depth : 5°22'30"S, 106°33'54"E Java Sea: Offshore Northwest Java : 105 Foot Chart Depth	
Percent of Depth	Current Speed (ft/sec)
0	3.8
10	3.5
20	3.3
30	3.0
40	2.8
50	2.5
60	2.3
70	2.1
80	1.9
90	1.6
100	1.0

Tabel 3.2.3.

## Data fatigue gelombang

Number of Wave in 10 Years for Specified Wave Height Categories : Approximately 5°22'30"S, 106°33'54"E : 105 Foot Chart Depth : Offshore Northwest Java : Java Sea : All Directions	
Wave Height Category (Feet)	Number of Waves
0.0 – 3.9	63941000
4.0 – 7.9	3378200
8.0 – 11.9	171610
12.0 – 15.9	8723
16.0 – 19.9	443
20.0 – 23.9	23
24.0 – 27.9	1

Tabel 3.2.4.

## Data kondisi badai dan operasional

Keterangan	Storm Condition	Operational Condition
Maximum wave height	32.4 ft	18.0 ft
Wave periode	9.8 sec	7.3 sec
Tidal height above SWL	2.6 ft	2.4 ft
Current at surface	3.8 ft	2.8 ft
Current at mud line	1.4 ft/sec	1.0 ft/sec
Max win	80 mph	48 mph





### 3.2.2. Data Struktur

Data struktur untuk koordinat, panjang chord , brace diagonal dan horisontal, luasan deck, material, beam-beam yang digunakan dan ukuran tubular member dapat dilihat pada bagian 3.1.2. Geometri Struktur dan Penentuan Ukuran Tubular.

### 3.2.3. Penentuan Teori Gelombang

Dengan menggunakan grafik Region of Validity (API RP 2A WSD, 1993) maka ditentukan jenis teori gelombang yang digunakan. Dari nilai hubungan  $d/(gT^2)$  dengan  $H/(gT^2)$  diperoleh *Teori Gelombang Stokes Orde 5*

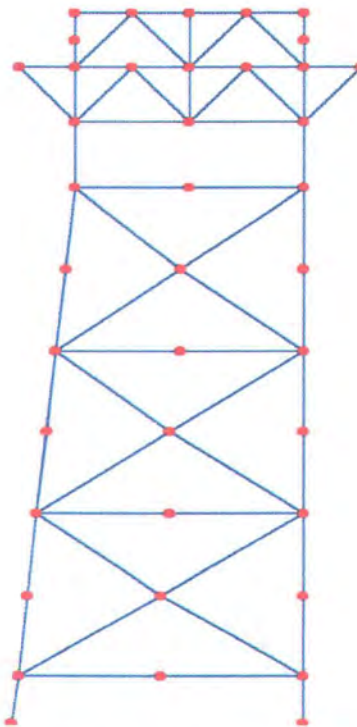
$$\frac{d}{gT^2} = \frac{109.7}{32.185 \times 9.8^2} = 0.0355$$

$$\frac{H}{gT^2} = \frac{32.4}{32.185 \times 9.8^2} = 0.0105$$

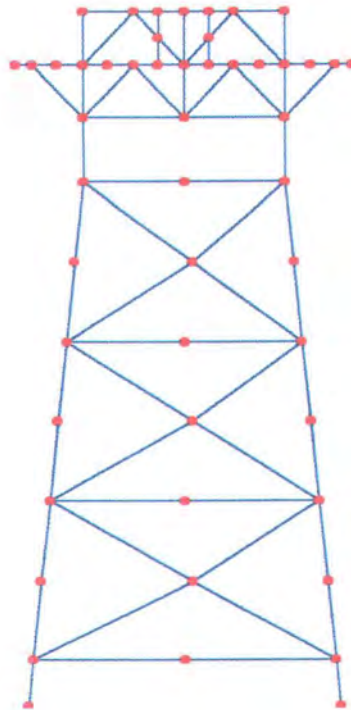


### 3.3. Batter Pada Jacket Kaki Empat

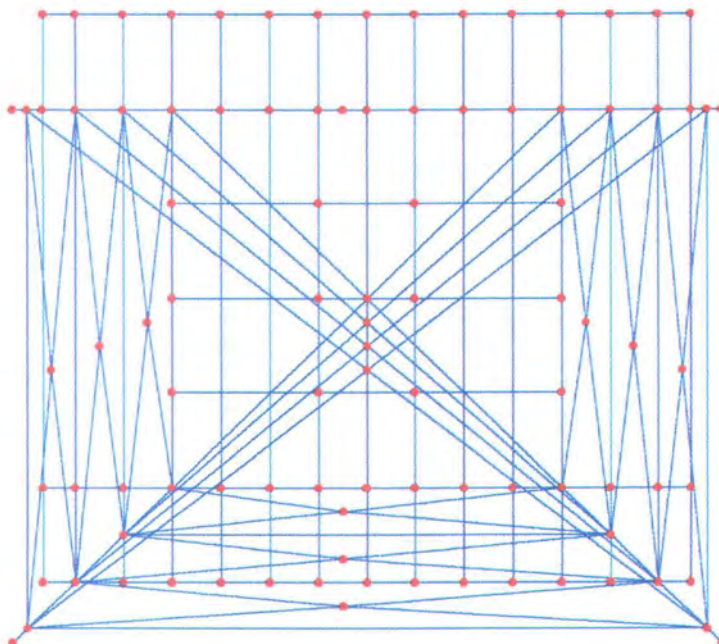
Struktur jacket kaki empat akibat perubahan *batter* (kemiringan kaki jacket) meliputi dua jenis model yaitu jenis *single batter* dan jenis *double batter*. Untuk selanjutnya kedua jenis model tersebut divariasikan dengan perubahan batter yaitu 1:8, 1:10, 1:12, 1:14. Penjelasan lebih detail tentang gambaran jenis *single batter* dan *double batter* dapat dijelaskan dari gambar dibawah:



Gambar 3.3.1. Jacket kaki empat jenis *single batter* pandangan samping (XY)

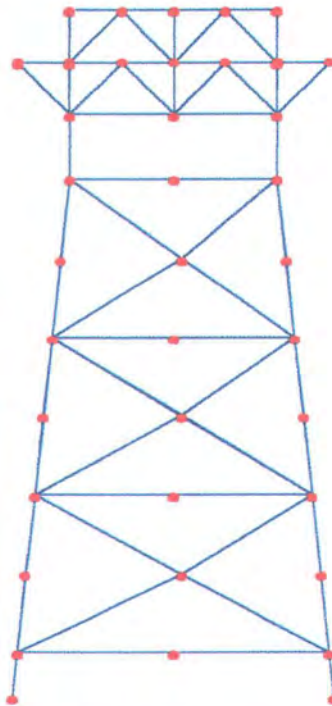


Gambar 3.3.2. Jacket kaki empat jenis *single batter* pandangan samping (YZ)

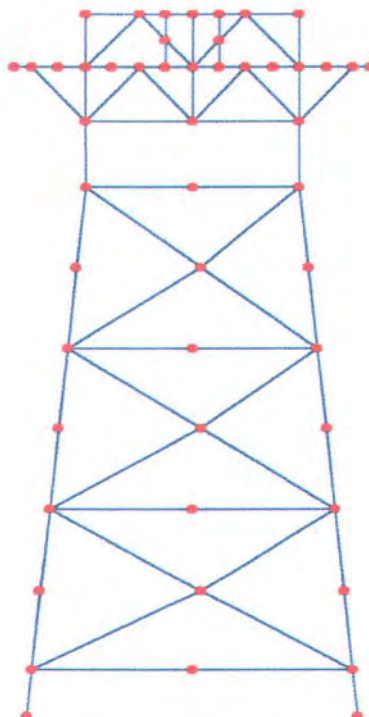


Gambar 3.3.3. Jacket kaki empat jenis *single batter* pandangan atas (XZ)

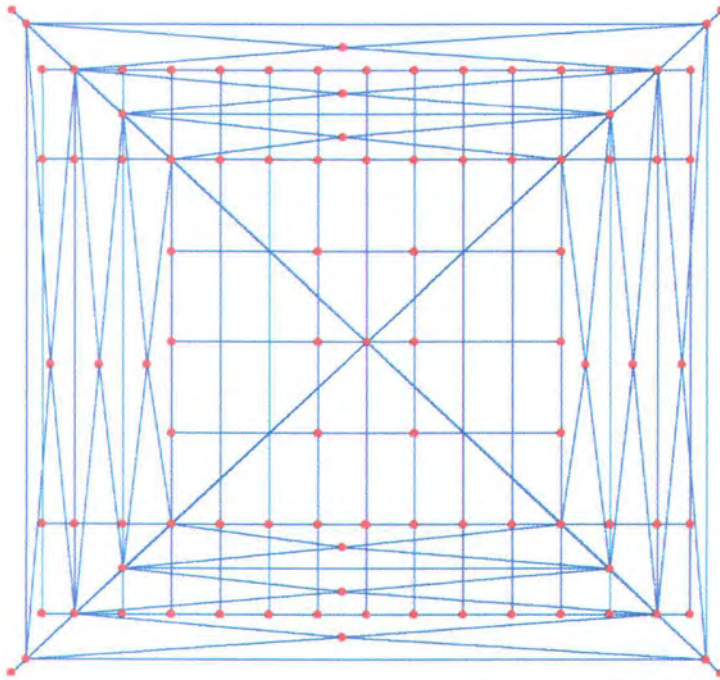




Gambar 3.3.4. Jacket kaki empat jenis *double batter* pandangan samping (XY)



Gambar 3.3.5. Jacket kaki empat jenis *double batter* pandangan samping (YZ)



Gambar 3.3.6. Jacket kaki empat jenis double batter pandangan atas (XZ)

## **BAB IV**

# **ANALISA DAN PEMBAHASAN**





## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisa Data

##### 4.1.1. Kekuatan Struktur

Spesifikasi material yang digunakan pada struktur *jacket* kaki empat yang dianalisa :

Material = ASTM A36

$\sigma_{\text{yield}}$  = 36 ksi

Struktur *jacket* kaki empat dianalisa pada dua kondisi yaitu kondisi operasional dan kondisi ekstrem, yang mengalami perubahan pada beban angin, arus dan gelombang. Adapun besarnya masing-masing beban untuk kondisi operasional dan ekstrem seperti yang dijelaskan pada bagian 3.2.1.data lingkungan.

#### Keterangan:

##### 1. Persentase kenaikan

➤ Kenaikan (%) *Single Batter* atau *Double Batter*:

a. Batter 1:14 Kenaikan % =  $\frac{\text{harga pada batter 1:14} - \text{harga pada batter 1:14}}{\text{harga pada batter 1:14}} \times 100\%$

b. Batter 1:12 Kenaikan % =  $\frac{\text{harga pada batter 1:12} - \text{harga pada batter 1:14}}{\text{harga pada batter 1:14}} \times 100\%$

c. Batter 1:10 Kenaikan % =  $\frac{\text{harga pada batter 1:10} - \text{harga pada batter 1:14}}{\text{harga pada batter 1:14}} \times 100\%$

d. Batter 1:8 Kenaikan % =  $\frac{\text{harga pada batter 1:8} - \text{harga pada batter 1:14}}{\text{harga pada batter 1:14}} \times 100\%$

➤ Kenaikan (%) *Double Batter*(DB) Vs *Single Batter*(SB)

$$\text{Kenaikan \%} = \frac{\text{harga pada double batter} - \text{harga pada single batter}}{\text{harga pada single batter}} \times 100\%$$

## 2. Pembacaan Grafik

Pembacaan grafik untuk sumbu x (*batter*) maksudnya adalah sebagai berikut:

- *Batter* 1:8 = 0.071429
- *Batter* 1:10 = 0.083333
- *Batter* 1:12 = 0.1
- *Batter* 1:14 = 0.125

## 4.1.1.1. Rasio Interaksi

Tabel 4.1.1.1.1. Nilai rasio interaksi kondisi *extrem*

<i>Batter</i>	<i>Single Batter</i> (SB)			<i>Double Batter</i> (DB)			<i>DB Vs</i> <i>SB</i>
	<i>Member</i>	<i>IR</i>	Kenaikan (%)	<i>Member</i>	<i>IR</i>	Kenaikan (%)	Kenaikan (%)
1:8	239	0.627	2.5	314	0.516	6.0	-17.7
1:10	239	0.619	1.1	314	0.502	3.1	-19.0
1:12	239	0.615	0.5	314	0.493	1.2	-19.8
1:14	239	0.612	0	314	0.487	0	-20.4
Rata-rata							-19.2

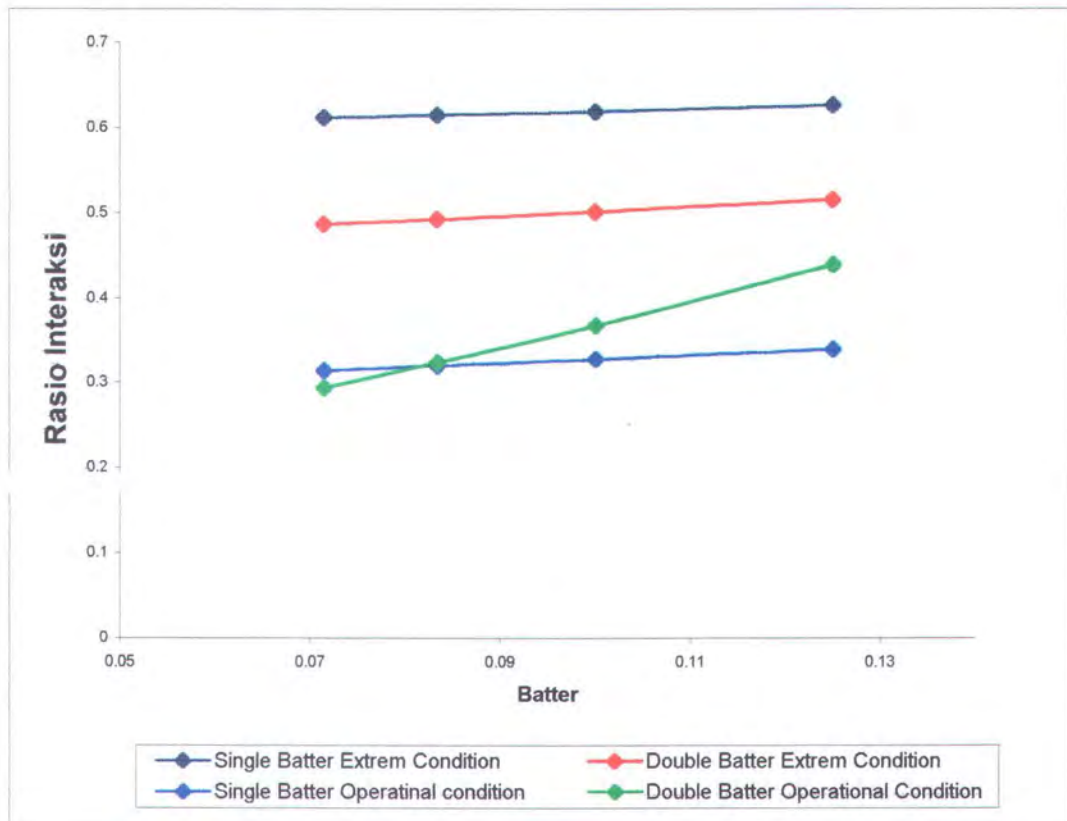
Tabel 4.1.1.1.2. Nilai rasio interaksi kondisi operasional

<i>Batter</i>	<i>Single Batter</i> (SB)			<i>Double Batter</i> (DB)			<i>DB Vs</i> <i>SB</i>
	<i>Member</i>	<i>IR</i>	Kenaikan (%)	<i>Member</i>	<i>IR</i>	Kenaikan (%)	Kenaikan (%)
1:8	239	0.339	8.0	317	0.439	49.3	29.5
1:10	239	0.328	4.5	317	0.367	24.8	11.9
1:12	239	0.320	1.9	317	0.324	10.2	1.3
1:14	239	0.314	0	317	0.294	0	-6.4
Rata-rata							9.1



Tabel 4.1.1.1.3.  
Kenaikan (%) nilai rasio interaksi terhadap pengaruh *batter*

Batter	Single Batter		Double Batter		Rata-rata Kenaikan (%)
	Exstrem (%)	Operasional (%)	Exstrem (%)	Operasional (%)	
1:8	2.5	8.0	6.0	49.3	16.4
1:10	1.1	4.5	3.1	24.8	8.4
1:12	0.5	1.9	1.2	10.2	3.5
1:14	0	0	0	0	0



Grafik 4.1.1.1. Hubungan *batter* dengan nilai rasio interaksi





#### 4.1.1.2. Punching Shear

**Tabel 4.1.1.2.1. Nilai punching shear single batter kondisi ekstrem**

<b>Batter</b>	<b>Single Batter</b>			
	<b>Stress Kips/ft<sup>2</sup></b>	<b>Kenaikan (%)</b>	<b>Actual Allowable</b>	<b>Kenaikan (%)</b>
1:8	3.91 (V <sub>IPB</sub> )	30.3	0.416	5.3
1:10	3.46 (V <sub>IPB</sub> )	15.3	0.406	2.8
1:12	3.18 (V <sub>IPB</sub> )	6.0	0.400	1.3
1:14	3.00 (V <sub>IPB</sub> )	0	0.395	0

**Tabel 4.1.1.2.2. Nilai punching shear double batter kondisi ekstrem**

<b>Batter</b>	<b>Single Batter</b>			
	<b>Stress Kips/ft<sup>2</sup></b>	<b>Kenaikan (%)</b>	<b>Actual Allowable</b>	<b>Kenaikan (%)</b>
1:8	4.77 (V <sub>IPB</sub> )	40.3	0.296	6.1
1:10	4.09 (V <sub>IPB</sub> )	20.3	0.289	3.6
1:12	3.68 (V <sub>IPB</sub> )	8.2	0.283	1.4
1:14	3.40 (V <sub>IPB</sub> )	0	0.279	0

**Tabel 4.1.1.2.3. Kenaikan punching shear double batter terhadap  
single batter kondisi ekstrem**

<b>Batter</b>	<b>Double Batter Vs Single Batter</b>	
	<b>Kenaikan Stress (%)</b>	<b>Kenaikan Actual/Allowable (%)</b>
1:8	22.0	-28.9
1:10	18.2	-28.8
1:12	15.7	-29.3
1:14	13.3	-29.4
Rata-rata	17.314	-29.1



**Tabel 4.1.1.2.4. Nilai punching shear single batter kondisi operasional**

<i>Batter</i>	<i>Single Batter</i>			
	<i>Stress</i> Kips/ft <sup>2</sup>	<i>Kenaikan</i> (%)	<i>Actual Allowable</i>	<i>Kenaikan</i> (%)
1:8	3.71 (V <sub>IPB</sub> )	47.8	0.197	8.8
1:10	3.23 (V <sub>IPB</sub> )	28.7	0.190	5.0
1:12	2.93 (V <sub>IPB</sub> )	16.7	0.185	2.2
1:14	2.51 (V <sub>IPB</sub> )	0	0.181	0

**Tabel 4.1.1.2.5. Nilai punching shear double batter kondisi operasional**

<i>Batter</i>	<i>Double Batter</i>			
	<i>Stress</i> Kips/ft <sup>2</sup>	<i>Kenaikan</i> (%)	<i>Actual Allowable</i>	<i>Kenaikan</i> (%)
1:8	4.60 (V <sub>IPB</sub> )	46.0	0.213	50.0
1:10	3.89 (V <sub>IPB</sub> )	23.5	0.178	25.4
1:12	3.45 (V <sub>IPB</sub> )	8.7	0.156	9.9
1:14	3.15 (V <sub>IPB</sub> )	0	0.142	0

**Tabel 4.1.1.2.6. Kenaikan punching shear double batter terhadap single batter kondisi operasional**

<i>Batter</i>	<i>Double Batter Vs Single Batter</i>	
	<i>Kenaikan Stress</i> (%)	<i>Kenaikan Actual/Allowable</i> (%)
1:8	24.0	8.1
1:10	20.4	-6.3
1:12	17.8	-15.7
1:14	25.5	-21.6
Rata-rata	21.9	-8.9



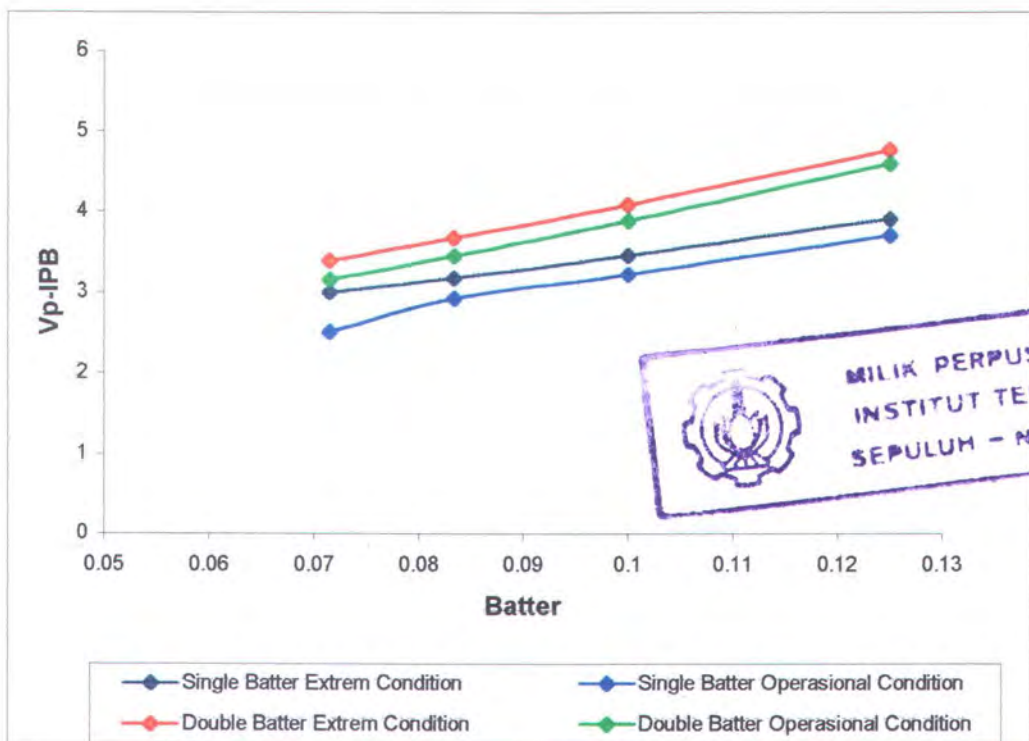
Tabel 4.1.1.2.7.

Kenaikan (%) nilai *stress punching shear* terhadap pengaruh *batter*

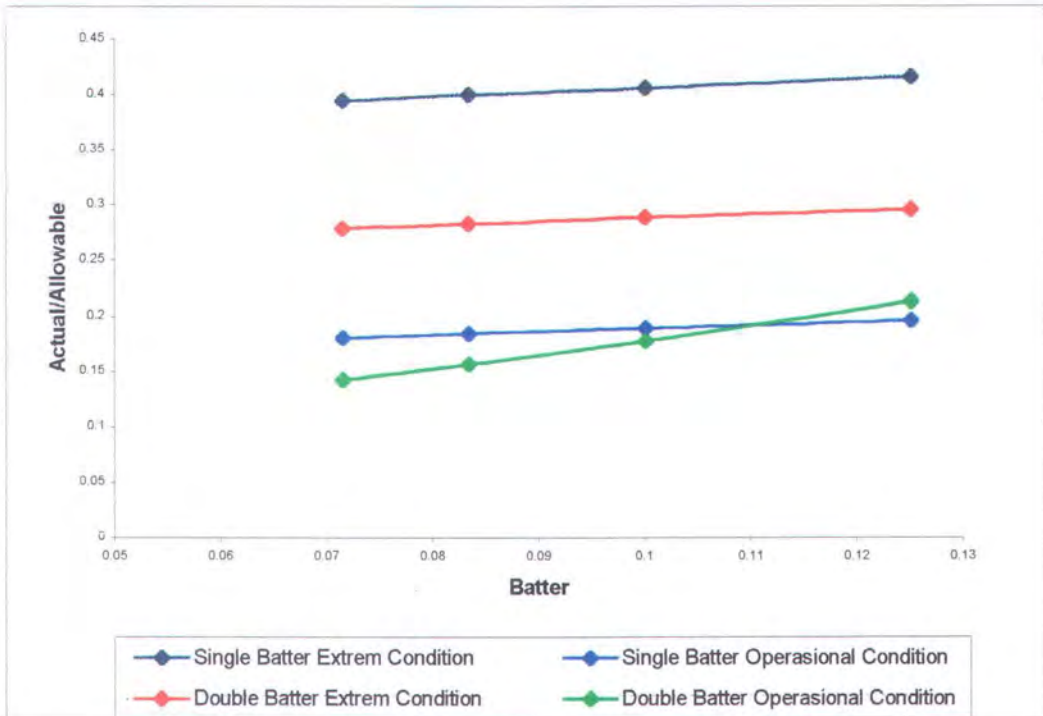
Batter	Single Batter		Double Batter		Rata-rata Kenaikan (%)
	Exstrem (%)	Operasional (%)	Exstrem (%)	Operasional (%)	
1:8	30.3	47.8	40.3	46.0	41.1
1:10	15.3	28.7	20.3	23.5	22.0
1:12	6.0	16.7	8.2	8.7	9.9
1:14	0	0	0	0	0

Tabel 4.1.1.2.8. Kenaikan (%) nilai *actual/allowable punching shear* terhadap pengaruh *batter*

Batter	Single Batter		Double Batter		Rata-rata Kenaikan (%)
	Exstrem (%)	Operasional (%)	Exstrem (%)	Operasional (%)	
1:8	5.3	8.8	6.1	50.0	17.6
1:10	2.8	5.0	3.6	25.4	9.2
1:12	1.3	2.2	1.4	9.9	3.7
1:14	0	0	0	0	0

Grafik 4.1.1.2.1. Hubungan *batter* dengan tegangan *punching shear*





Grafik 4.1.1.2.2. Hubungan batter dengan actual/allowable punching shear

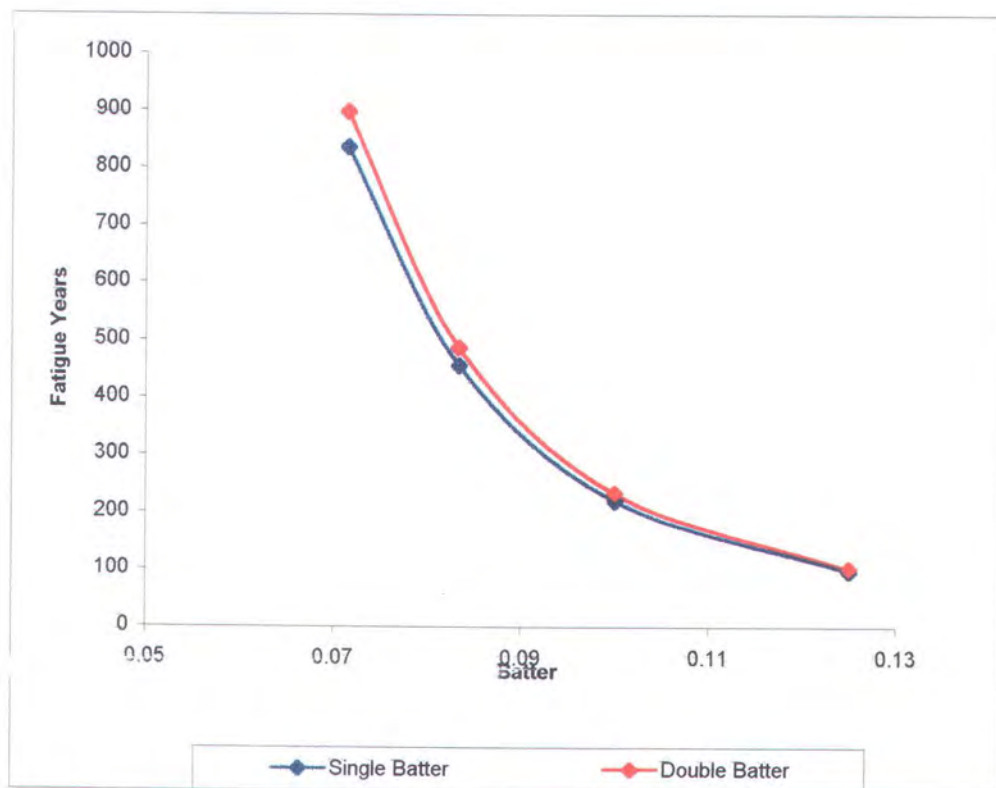
## 4.1.1.3. Fatigue

Tabel 4.1.1.3.1. Prediksi umur struktur

Batter	Single Batter (SB)			Double Batter (DB)			DB Vs SB
	Joint	Years	Kenaikan (%)	Joint	Years	Kenaikan (%)	Kenaikan (%)
1:8	126	98.62	-88.2	126	103.21	-88.5	4.7
1:10	126	220.56	-73.6	126	233.51	-74.0	5.9
1:12	126	456.16	-45.0	126	488.95	-45.6	7.2
1:14	126	836.56	0	126	898.03	0	7.4
Rata-rata							6.3

Tabel 4.1.1.3.2. Kenaikan (%) umur struktur terhadap pengaruh batter

Batter	Single Batter (%)	Double Batter (%)	Rata-rata Kenaikan (%)
1:8	-88.2	-88.5	-88.4
1:10	-73.6	-74.0	-73.8
1:12	-45.0	-45.6	-45.3
1:14	0	0	0



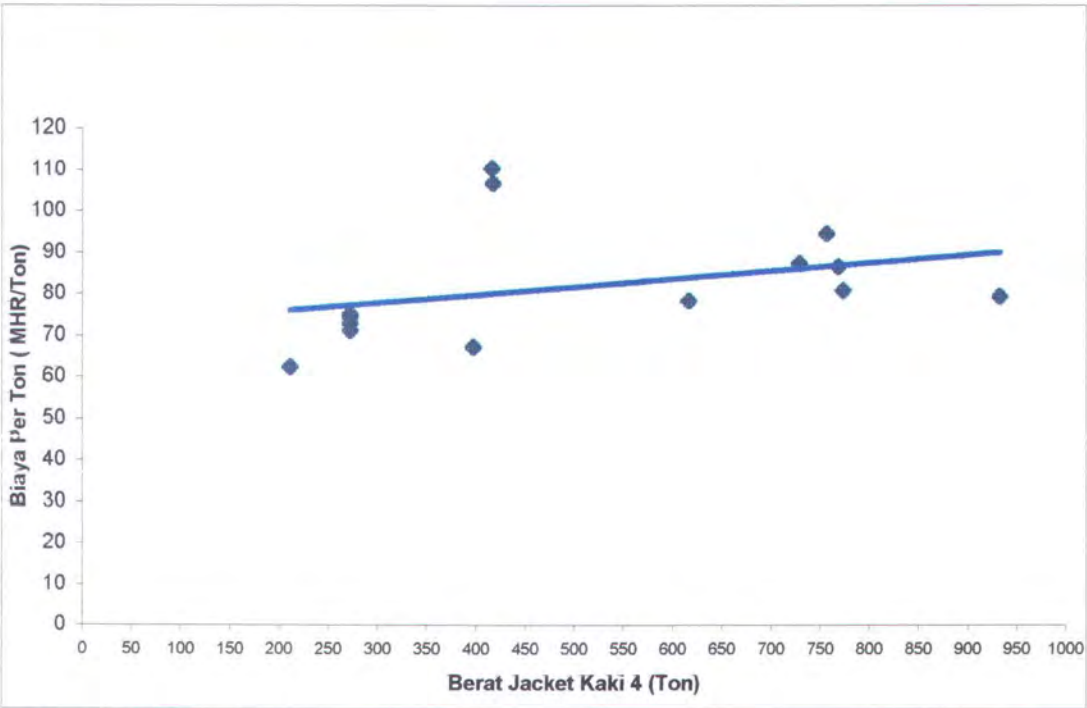
Grafik 4.1.1.3. Hubungan *batter* dengan *fatigue years*



4.1.2. Biaya Konstruksi

Tabel 4.1.2.1. *Histori fabrikasi jacket*

Berat Jacket (ton)	Biaya Total Jacket (MHR)	Biaya Jacket per Ton (MHR/ton)
616	48317	78.4
756	71491	94.6
773	62539	80.9
768	66560	86.7
416	45932	110.4
417	44527	106.8
932	74136	79.5
728	63623	87.4
272	19844	73.0
272	20294	74.6
272	20452	75.2
272	20241	74.4
272	19395	71.3
397	26703	67.3
211	13189	62.5



Grafik 4.1.2.1. Hubungan berat struktur dengan biaya konstruksi per ton





Dari data historis fabrikasi *jacket* kaki empat yang dioperasikan di Indonesia diperoleh data hubungan berat dengan biaya konstruksi setiap ton. Data tersebut diplotkan ke dalam bentuk grafik kemudian diregresi secara linier dan dihasilkan persamaan garis sebagai fungsi  $Y = aX + b$  seperti yang ditunjukkan grafik 4.1.2.1. hubungan berat struktur dan biaya konstruksi setiap ton.

$$Y_1 = a_b X_b + b_b \quad (4.1.2.1)$$

Keterangan:  $Y_1$  : Biaya konstruksi setiap ton dari *jacket* kaki empat  
(MHR/ton)

$X_b$  : Berat *jacket* kaki empat (ton)

$a_b$  : Konstanta

$b_b$  : Konstanta

Kemudian dengan metode matematika dengan mengambil dua koordinat titik pada garis yang diregresi akan diperoleh persamaan garis dari grafik 4.1.2.1. hubungan biaya konstruksi per ton dengan berat *jacket* kaki empat adalah sebagai berikut:

$$X_{b1} = 700 \quad Y_{11} = 86,25$$

$$X_{b2} = 450 \quad Y_{12} = 82,5$$

$$86,25 = a_b 700 + b_b$$

$$82,5 = a_b 450 + b_b$$

Maka

$$a_b = 0,015 \quad b_b = 75,75$$



Jadi persamaan biaya konstruksi setiap ton

$$Y_1 = 0,015 X_b + 75,75 \quad (4.1.2.2)$$

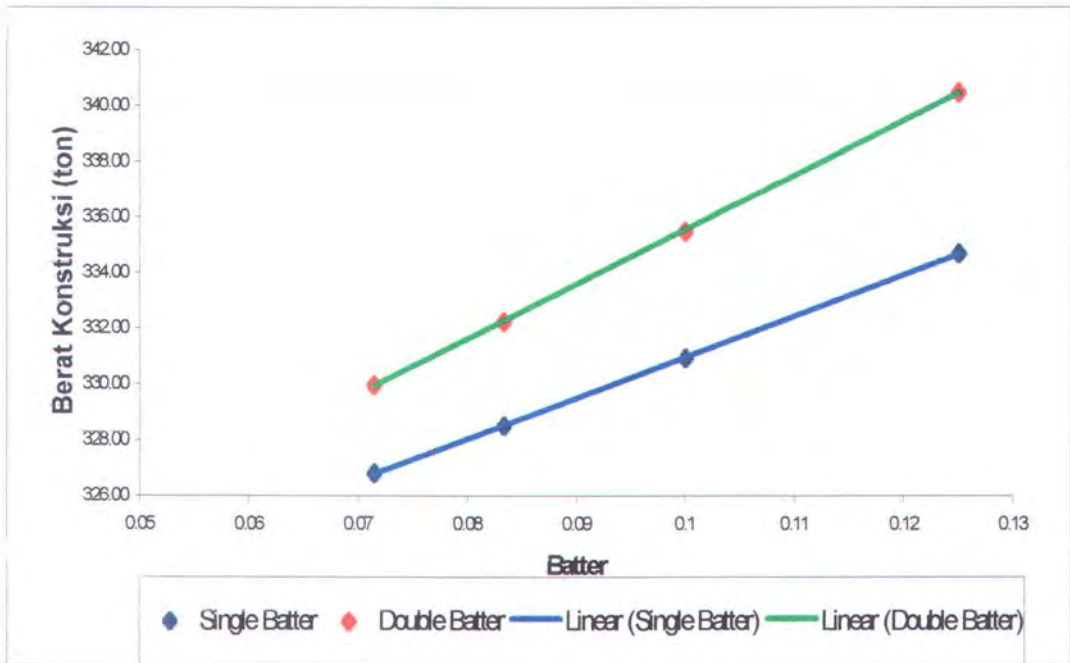
Dari perancangan struktur *jacket* kaki empat untuk jenis *single batter* dan *double batter* dengan variasi *batter* diperoleh berat struktur, data ini diperoleh setelah struktur dimodelkan dan dianalisa dengan *GTStrudl* berdasarkan kriteria *APIRP2A –WSD* dan *AISC* adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.1.2.2. Berat *jacket* kaki empat dari hasil perancangan**

<b>Batter</b>	<b>Single Batter (DB)</b>		<b>Double Batter (SB)</b>		<b>DB Vs SB</b>
	<b>Berat (ton)</b>	<b>Kenaikan (%)</b>	<b>Berat (ton)</b>	<b>Kenaikan (%)</b>	<b>Kenaikan (%)</b>
1:8	334.68	2.4	340.48	3.2	1.7
1:10	330.93	1.3	335.49	1.7	1.4
1:12	328.50	0.5	332.25	0.7	1.1
1:14	326.81	0	329.98	0	1.0
Rata-rata					1.3

**Tabel 4.1.2.3.  
Kenaikan (%) berat *jacket* terhadap pengaruh *batter***

<b>Batter</b>	<b>Single Batter (%)</b>	<b>Double Batter (%)</b>	<b>Rata-rata Kenaikan (%)</b>
1:8	2.4	3.2	2.8
1:10	1.3	1.7	1.5
1:12	0.5	0.7	0.6
1:14	0	0	0



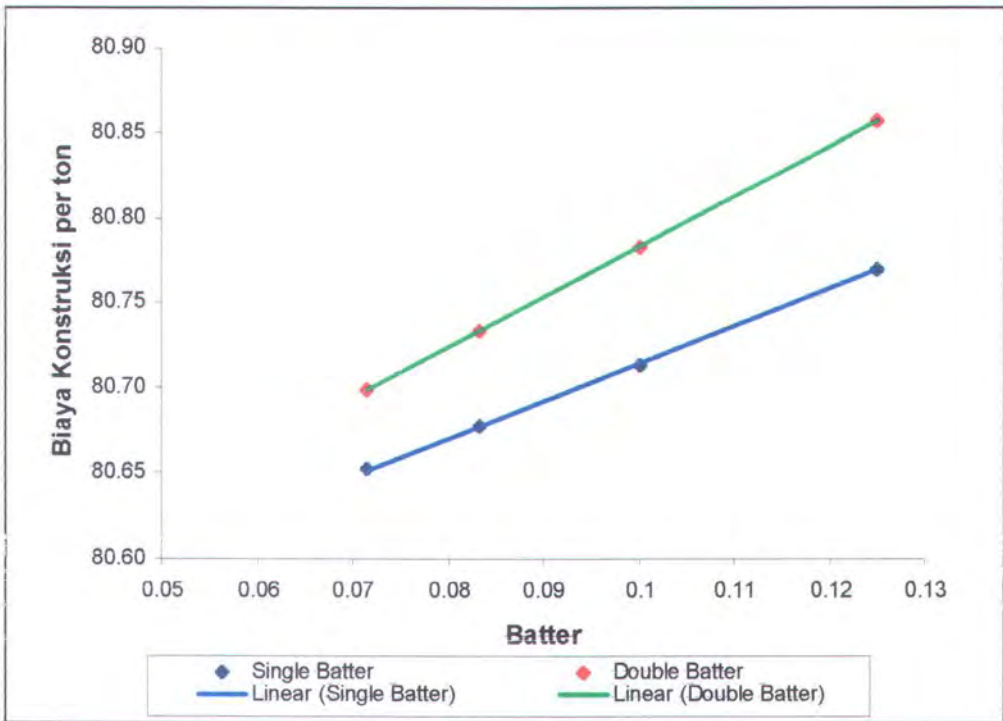
Grafik 4.1.2.2. Hubungan batter dengan berat konstruksi jacket kaki empat

Selanjutnya untuk menentukan pengaruh *batter* terhadap biaya konstruksi setiap ton, dengan menggunakan persamaan 4.1.2.2. yaitu  $Y_1 = 0,015 X_b + 75,75$  maka diperoleh hubungan *batter* dengan biaya *jacket* setiap ton dengan menggunakan tabel 4.1.2.2. berat *jacket* kaki empat dari hasil perancangan.

Tabel 4.1.2.4. Biaya konstruksi setiap ton *jacket* kaki empat

<i>Batter</i>	<i>Single Batter</i> (MHR/tons)	<i>Double Batter</i> (MHR/tons)
1:8	80.77	80.86
1:10	80.71	80.78
1:12	80.68	80.73
1:14	80.65	80.70





Grafik 4.1.2.3. Hubungan batter dengan biaya konstruksi per ton

Biaya total *jacket* kaki empat (CF) merupakan perkalian dari berat struktur dan biaya konstruksi setiap ton. Secara matematis hubungan tersebut dapat dinyatakan kedalam persamaan. Karena berat konstruksi *jacket* sangat dipengaruhi oleh perubahan *batter* (kemiringan kaki *jacket*), maka biaya konstruksi juga akan mengalami perubahan. Maka persamaan matematisnya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$CF = Y_1 \cdot Y_2 \quad (4.1.2.3)$$

Keterangan:  $Y_1$  : Biaya konstruksi setiap ton dari *jacket* kaki empat (MHR/ton)

$Y_2$  : Berat *jacket* kaki empat (ton)



Dari grafik 4.1.2.3. hubungan *batter* dengan biaya konstruksi per ton dapat dinyatakan kedalam persamaan linier, disini ada dua jenis persamaan linier yang pertama untuk jenis *single batter* dan yang kedua untuk jenis *double batter*.

### 1. Jenis *Single Batter*

$$Y_{1SB} = a_{1SB}X + b_{1SB} \quad (4.1.2.4)$$

$$Y_{1SB1} = 80.77 \quad X_1 = 1/8$$

$$Y_{1SB2} = 80.65 \quad X_2 = 1/14$$

$$80.77 = a_{1SB}(1/8) + b_{1SB}$$

$$80.65 = a_{1SB}(1/14) + b_{1SB}$$

Maka:

$$a_{1SB} = 2.24 \quad b_{1SB} = 80.49$$

Jadi persamaan biaya konstruksi setiap ton fungsi *batter* jenis *single batter* adalah sebagai berikut:

$$Y_{1SB} = 2.24X + 80.49 \quad (4.1.2.5)$$

### 2. Jenis *Double Batter*

$$Y_{1DB} = a_{1DB}X + b_{1DB} \quad (4.1.2.6)$$

$$Y_{1DB1} = 80.86 \quad X_1 = 1/8$$

$$Y_{1DB2} = 80.70 \quad X_2 = 1/14$$

$$80.86 = a_{1DB}(1/8) + b_{1DB}$$

$$80.70 = a_{1DB}(1/14) + b_{1DB}$$

Maka:

$$a_{1DB} = 2.99 \quad b_{1DB} = 80.49$$



Jadi persamaan biaya konstruksi setiap ton fungsi *batter* jenis *single batter* adalah sebagai berikut:

$$Y_{1DB} = 2.99X + 80.49 \quad (4.1.2.7)$$

Begitu juga untuk hubungan *batter* dengan berat konstruksi *jacket* kaki empat pada grafik 4.1.2.2 dapat dinyatakan kedalam persamaan linier untuk kedua jenis *jacket* yaitu *single batter* dan *double batter*.

### 1. Jenis *Single Batter*

$$Y_{2SB} = a_{2SB}X + b_{2SB} \quad (4.1.2.8)$$

$$Y_{2SB1} = 334.68 \quad X_1 = 1/8$$

$$Y_{2SB2} = 326.81 \quad X_2 = 1/14$$

$$334.68 = a_{2SB}(1/8) + b_{2SB}$$

$$326.81 = a_{2SB}(1/12) + b_{2SB}$$

Maka:

$$a_{2SB} = 146.91 \quad b_{2SB} = 316.32$$

Jadi persamaan berat *jacket* kaki empat jenis *single batter* sebagai fungsi *batter* adalah sebagai berikut:

$$Y_{2SB} = 146.91X + 316.32 \quad (4.1.2.9)$$

### 2. Jenis *Double Batter*

$$Y_{2DB} = a_{2DB}X + b_{2DB} \quad (4.1.2.10)$$

$$Y_{2DB1} = 340.48 \quad X_1 = 1/8$$

$$Y_{2DB2} = 329.98 \quad X_2 = 1/14$$

$$340.48 = a_{2DB}(1/8) + b_{2DB}$$

$$329.98 = a_{2DB}(1/14) + b_{2DB}$$





Maka:

$$a_{2DB} = 196 \quad b_{2DB} = 315.98$$

Jadi persamaan berat *jacket* kaki empat jenis *double batter* sebagai fungsi *batter* adalah sebagai berikut:

$$Y_{2DB} = 196X + 315.98 \quad (4.1.2.11)$$

Setelah persamaan linier untuk pengaruh *batter* terhadap berat konstruksi *jacket* kaki empat dan biaya konstruksi *jacket* setiap ton untuk kedua jenis *jacket* diketahui maka biaya konstruksi total akibat pengaruh *batter* dapat ditentukan.

### 1. Jenis *Single Batter*:

$$\begin{aligned} CF_{SB} &= Y_{1SB} \cdot Y_{2SB} \\ &= (2.24X + 80.49)(146.91X + 316.32) \end{aligned} \quad (4.1.2.12)$$

Jadi persamaan biaya konstruksi total *jacket* kaki empat jenis *single batter* akibat pengaruh *batter* adalah sebagai berikut :

$$CF_{SB} = 329.08 X^2 + 12533.34 X + 25460.60 \quad (4.1.2.13)$$

Persamaan 4.1.2.13. analog dengan persamaan sebagai berikut:

$$CF_{SB} = (a_{1SB} a_{2SB})X^2 + (b_{1SB} a_{2SB} + a_{1SB} b_{2SB})X + (b_{1SB} b_{2SB}) \quad (4.1.2.14)$$

Dimana :

$$a_{1SB} = \frac{Y_{1SB2} - Y_{1SB1}}{X_2 - X_1} \quad (4.1.2.15)$$

$$a_{2SB} = \frac{Y_{2SB2} - Y_{2SB1}}{X_2 - X_1} \quad (4.1.2.16)$$



$$b_{1SB} = Y_{1SB1} - \left( \frac{Y_{1SB2} - Y_{1SB1}}{X_2 - X_1} \right) X_1 \quad (4.1.2.17)$$

$$b_{2SB} = Y_{2SB1} - \left( \frac{Y_{2SB2} - Y_{2SB1}}{X_2 - X_1} \right) X_1 \quad (4.1.2.18)$$

## 2. Jenis *Double Batter*:

$$\begin{aligned} CF_{DB} &= Y_{1DB} \cdot Y_{2DB} \\ &= (2.99X + 80.49) (196X + 315.98) \end{aligned} \quad (4.1.2.19)$$

Jadi persamaan biaya konstruksi total *jacket* kaki empat jenis *double batter* akibat pengaruh *batter* adalah sebagai berikut :

$$CF_{DB} = 586.04 X^2 + 16720.82 X + 25433.23 \quad (4.1.2.20)$$

Persamaan 4.1.2.13. analog dengan persamaan sebagai berikut:

$$CF_{DB} = (a_{1DB} a_{2DB})X^2 + (b_{1DB} a_{2DB} + a_{1DB} b_{2DB})X + (b_{1DB} b_{2DB}) \quad (4.1.2.21)$$

Dimana :

$$a_{1DB} = \frac{Y_{1DB2} - Y_{1DB1}}{X_2 - X_1} \quad (4.1.2.22)$$

$$a_{2DB} = \frac{Y_{2DB2} - Y_{2DB1}}{X_2 - X_1} \quad (4.1.2.23)$$

$$b_{1DB} = Y_{1DB1} - \left( \frac{Y_{1DB2} - Y_{1DB1}}{X_2 - X_1} \right) X_1 \quad (4.1.2.24)$$

$$b_{2DB} = Y_{2DB1} - \left( \frac{Y_{2DB2} - Y_{2DB1}}{X_2 - X_1} \right) X_1 \quad (4.1.2.25)$$

### Keterangan:

$CF_{SB}$  : Biaya konstruksi total *jacket* kaki empat jenis *single batter* (MHR)

$CF_{DB}$  : Biaya konstruksi total *jacket* kaki empat jenis *double batter* (MHR)



- $X$  : Batter (Kemiringan kaki jacket)
- $X_1$  : Batter ke 1
- $X_2$  : Batter ke 2
- $Y_{1SB}$  : Biaya konstruksi setiap ton dari *jacket* kaki 4 jenis *single batter* (MHR/ton)
- $Y_{1SB1}$  : Biaya konstruksi setiap ton dari *jacket* kaki empat jenis *single batter* pada batter 1 (MHR/ton)
- $Y_{1SB2}$  : Biaya konstruksi setiap ton dari *jacket* kaki empat jenis *single batter* pada batter 2 (MHR/ton)
- $Y_{1DB}$  : Biaya konstruksi setiap ton dari *jacket* kaki 4 jenis *double batter* (MHR/ton)
- $Y_{1DB1}$  : Biaya konstruksi setiap ton dari *jacket* kaki empat jenis *double batter* pada batter 1 (MHR/ton)
- $Y_{1DB2}$  : Biaya konstruksi setiap ton dari *jacket* kaki empat jenis *double batter* pada batter 2 (MHR/ton)
- $Y_{2SB}$  : Berat *jacket* kaki empat jenis *single batter* (ton)
- $Y_{2SB1}$  : Berat *jacket* kaki empat jenis *single batter* pada batter 1 ( ton)
- $Y_{2SB2}$  : Berat *jacket* kaki empat jenis *double batter* pada batter 2 ( ton)
- $Y_{2DB}$  : Berat *jacket* kaki empat jenis *double batter* (ton)
- $Y_{2DB1}$  : Berat *jacket* kaki empat jenis *double batter* pada batter 1 ( ton)
- $Y_{2DB2}$  : Berat *jacket* kaki empat jenis *double batter* pada batter 2 ( ton)
- $a_{1SB}$  : Konstanta biaya konstruksi setiap ton *jacket* kaki empat jenis *single batter*
- $b_{1SB}$  : Konstanta biaya konstruksi setiap ton *jacket* kaki empat jenis *single batter*
- $a_{1DB}$  : Konstanta biaya konstruksi setiap ton *jacket* kaki empat jenis *double batter*
- $b_{1SB}$  : Konstanta biaya konstruksi setiap ton *jacket* kaki empat jenis *double batter*
- $a_{2SB}$  : Konstanta berat konstruksi *jacket* kaki empat jenis *single batter*
- $b_{2SB}$  : Konstanta berat konstruksi *jacket* kaki empat jenis *single batter*
- $a_{2DB}$  : Konstanta berat konstruksi *jacket* kaki empat jenis *double batter*
- $b_{2DB}$  : Konstanta berat konstruksi *jacket* kaki empat jenis *double batter*





Dengan menggunakan persamaan 4.1.2.13. biaya konstruksi total jenis *single batter* dan persamaan 4.1.2.19 biaya konstruksi total jenis *double batter* maka maka diperoleh:

**Tabel 4.1.2.5.**

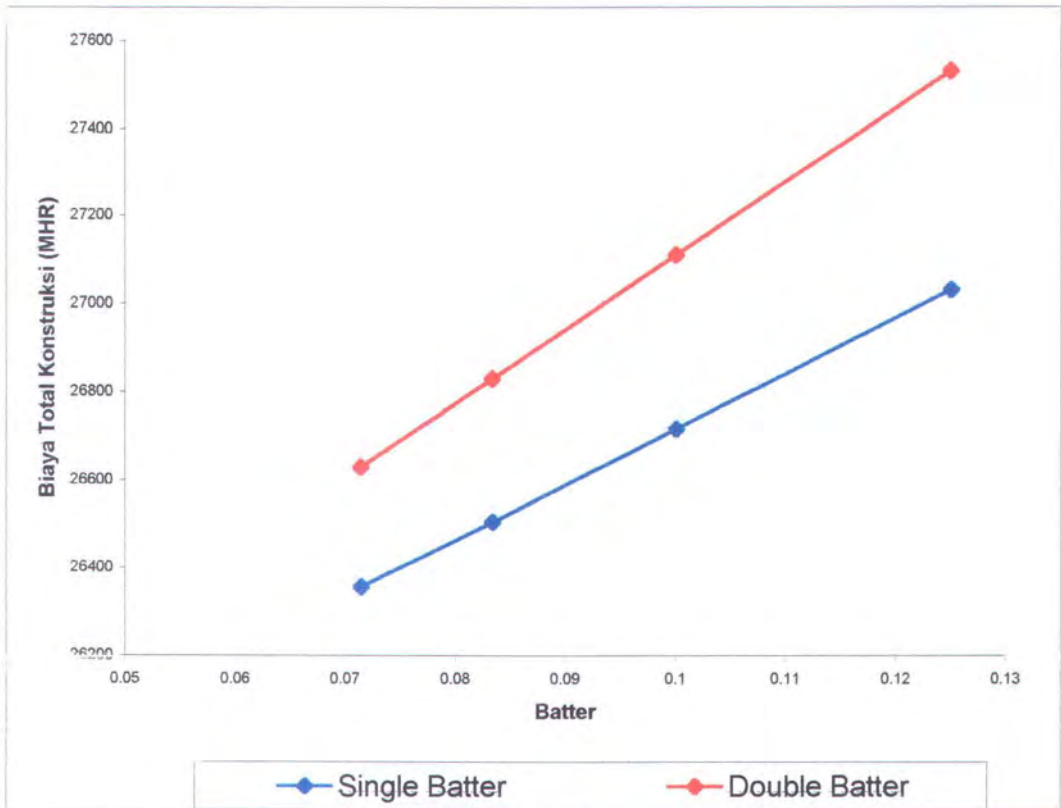
**Biaya konstruksi total *jacket* kaki empat**

<b>Batter</b>	<b>Single Batter (DB)</b>		<b>Double Batter (SB)</b>		<b>DB Vs SB</b>
	<b>Biaya Konstruksi (MHR)</b>	<b>Kenaikan (%)</b>	<b>Biaya Konstruksi (MHR)</b>	<b>Kenaikan (%)</b>	<b>Kenaikan (%)</b>
1:8	27032.41	2.6	27532.49	3.4	1.9
1:10	26717.22	1.4	27111.17	1.8	1.5
1:12	26507.33	0.6	26830.70	0.8	1.2
1:14	26357.51	0	26630.56	0	1.0
Rata-rata					1.4

**Tabel 4.1.2.6.**

**Kenaikan (%) biaya konstruksi total terhadap pengaruh *batter***

<b>Batter</b>	<b>Single Batter (%)</b>	<b>Double Batter (%)</b>	<b>Rata-rata Kenaikan (%)</b>
1:8	2.6	3.4	3.0
1:10	1.4	1.8	1.6
1:12	0.6	0.8	0.7
1:14	0	0	0



**Grafik 4.1.2.4.**

Hubungan batter dengan biaya total konstruksi jacket kaki empat



## 4.2. Pembahasan

### 4.2.1. Kekuatan Struktur

#### 4.2.1.1. Rasio Interaksi

Rasio interaksi merupakan jumlah perbandingan tegangan aksial dan lentur (*bending*) dengan tegangan aksial dan lentur yang diijinkan. Dari grafik 4.1.1.1. hubungan *batter* dengan nilai rasio interaksi, menunjukkan nilai yang semakin besar dengan bertambahnya kemiringan kaki *jacket* (*batter*), hal tersebut terjadi pada kedua jenis model yaitu jenis *single batter* dan *double batter* yang harganya dihitung pada kondisi ekstrem dan operasional. Besarnya kenaikan harga rasio interaksi dari struktur *jacket* kaki empat yang menggunakan *batter* 1:8 dibandingkan *batter* 1:10 sebesar  $\pm 3.5\%$ , *batter* 1:12 sebesar  $\pm 8.4\%$  dan *batter* 1:14 sebesar  $\pm 16.4\%$ .

Pada jenis *double batter* untuk kondisi operasional terjadi penambahan harga yang cukup signifikan sedangkan untuk jenis *double batter* untuk kondisi ekstrem dan jenis *single batter* untuk kondisi ekstrem dan operasional hampir-hampir tidak terjadi penambahan. Jadi *jacket* kaki empat untuk jenis *double batter* ketika menerima beban operasional yang dalam penelitian ini ditinjau untuk besarnya beban lingkungan yang berubah, dengan bertambahnya *batter* terjadi perubahan harga *rasio interaksi* yang cukup signifikan dibandingkan dengan kondisi ekstrem dari jenis yang sama serta jenis lain yaitu *single batter* pada kedua kondisi.

Ditinjau dari harga rasio interaksi *jacket* jenis *double batter* lebih baik menerima beban lingkungan pada kondisi ekstrem dibandingkan dengan jenis *single batter*, sedangkan untuk kondisi operasional terjadi sebaliknya.





Untuk kondisi *ekstrem* harga rasio interaksi *double batter* rata-rata mengalami pengurangan sebesar  $\pm 19.2\%$  dibandingkan dengan harga rasio interaksi pada jenis *single batter*.,sedangkan pada kondisi operasional naik  $\pm 9.1\%$ .

#### 4.2.1.2. Punching Shear

Pada analisa tegangan *punching shear* (analisa tegangan pada sambungan turbular) menunjukkan harga yang analog dengan nilai yang terjadi pada rasio interaksi. Hal tersebut ditunjukkan pada grafik 4.1.1.2.1. hubungan *batter* dengan tegangan *punching shear* dan grafik 4.1.1.2.2. hubungan *batter* dengan *actual/allowable punching shear* yang semakin besar dengan bertambahnya kemiringan kaki *jacket (batter)*. Tegangan *punching shear* terbesar yang terjadi merupakan tegangan lentur (*bending*) pada arah Y (*inplane bending*), yang besarnya semakin bertambah dengan bertambahnya *batter*. Besarnya kenaikan harga tegangan *punching shear* dari struktur *jacket* kaki empat yang menggunakan *batter* 1:8 dibandingkan *batter* 1:10 sebesar  $\pm 9.9\%$ , *batter* 1:12 sebesar  $\pm 22.0\%$  dan *batter* 1:14 sebesar  $\pm 41.1\%$ . Sedangkan besarnya kenaikan harga *actual/allowable punching shear* dari struktur *jacket* kaki empat yang menggunakan *batter* 1:8 dibandingkan *batter* 1:10 sebesar  $\pm 3.7\%$ , *batter* 1:12 sebesar  $\pm 9.2\%$  dan *batter* 1:14 sebesar  $\pm 17.6\%$ .

Harga tegangan *punching shear* untuk jenis *double batter* pada kedua kondisi yaitu *ekstrem* dan operasional memiliki harga yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *single batter*. Jadi untuk jenis *single batter*



lebih baik meredam beban dari pada jenis *double batter* ditinjau dari harga tegangan *punching shear* terbesar yang terjadi atau dengan kata lain tegangan *punching shear* jenis *double batter* lebih besar dari pada jenis *single batter*. Besarnya kenaikan tegangan *punching shear* jenis *double batter* dibandingkan dengan jenis *single batter* pada kondisi ekstrem rata-rata sebesar  $\pm 17.3\%$  dan  $\pm 21.9\%$  pada kondisi operasional, atau lebih tepatnya naik  $\pm 19.6\%$ .

Harga *actual/allowable punching shear* menunjukkan harga yang semakin besar dengan bertambahnya *batter*, namun pada jacket jenis *double batter* untuk kondisi operasional terjadi penambahan harga yang cukup signifikan sedangkan untuk jenis *double batter* untuk kondisi ekstrem dan jenis *single batter* untuk kondisi ekstrem dan operasional hampir-hampir tidak terjadi penambahan. Jadi *jacket* kaki empat untuk jenis *double batter* ketika menerima beban operasional, dengan bertambahnya *batter* terjadi perubahan harga *actual/allowable punching shear* yang cukup signifikan dibandingkan dengan kondisi ekstrem dari jenis yang sama serta jenis lain yaitu *single batter* pada kedua kondisi. Ditinjau dari harga *actual/allowable punching shear* jenis *double batter* lebih baik menerima beban lingkungan pada kondisi ekstrem dibandingkan dengan jenis *single batter* demikian juga untuk kondisi operasional. Besarnya penurunan harga *actual/allowable* jenis *double batter* dibandingkan dengan jenis *single batter* pada kondisi ekstrem rata-rata sebesar  $\pm 29.1\%$  dan  $\pm 8.9\%$  pada kondisi operasional, atau lebih tepatnya besar penurunan  $\pm 19.0\%$ .





#### 4.2.1.3. Fatigue

Dari grafik 4.1.1.3. hubungan kemiringan kaki *jacket (batter)* dengan umur struktur. Pada grafik itu menunjukkan hubungan bahwa umur struktur akan semakin berkurang dengan bertambahnya kemiringan kaki *jacket (batter)*.

$Fatigue\ years = \sum \frac{N}{n_i}$ , jadi *fatigue years* sebanding dengan N

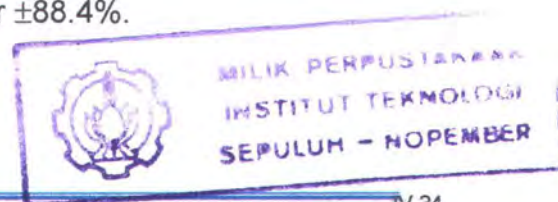
$N = 2 \times 10^6 \left( \frac{\Delta \sigma}{\Delta \sigma_{ref}} \right)^{-m}$ , jadi N sebanding dengan  $\Delta \sigma$  (*Hot Spot Stress*)

$\Delta \sigma = SCF_{ax} \sigma_{ax} + ((SCF_{ipb} \sigma_y)^2 + (SCF_{opb} \sigma_z)^2)^{0.5}$ , jadi SCF

sebanding  $\Delta \sigma$

Sehingga *fatigue years* sebanding SCF

Besarnya umur kelelahan struktur sangat dipengaruhi oleh sudut. Umur kelelahan struktur semakin bertambah dengan bertambahnya sudut kemiringan *jacket (batter)* atau berkurangnya kemiringan *jacket (batter)*. Besarnya sudut  $\Theta(1/8) < \Theta(1/10) < \Theta(1/12) < \Theta(1/14)$  atau lebih tepatnya  $82,9^0 < 84,3^0 < 85,2^0 < 85,9^0$ . Karena besarnya SCF (*Stress Coefisien Faktor*) adalah fungsi sin, sedangkan besarnya SCF sebanding dengan umur struktur. Jadi dengan bertambahnya sudut kemiringan kaki *jacket* maka nilainya semakin naik, atau dengan kata lain semakin bertambahnya kemiringan *jacket (batter)* maka umur struktur akan semakin berkurang. Besarnya pengurangan umur struktur dari struktur *jacket* kaki empat yang menggunakan *batter* 1:8 dibandingkan *batter* 1:10 sebesar  $\pm 45.3\%$ , *batter* 1:12 sebesar  $\pm 73.8\%$  dan *batter* 1:14 sebesar  $\pm 88.4\%$ .







Umur kelelahan struktur pada jenis *double batter* lebih besar dari pada jenis *singgle batter* seperti yang ditunjukkan pada grafik 4.1.1.4, jadi struktur *jacket* yang menggunakan *double batter* lebih baik dalam menahan beban berulang pada struktur, kenaikan umurnya rata-rata sebesar  $\pm 6.3\%$ .

#### 4.2.2. Biaya Konstruksi

Biaya konstruksi sangat dipengaruhi oleh berat struktur. Dengan kata lain berat struktur semakin besar maka biaya konstruksi juga semakin besar. Fungsi *batter* sangat mempengaruhi berat dari struktur. Berat struktur *batter*  $1:8 > 1:10 > 1:12 > 1:14$ . Dengan bertambahnya kemiringan *jacket* (*batter*) maka berat struktur akan bertambah besar. Besarnya kenaikan berat struktur dari *jacket* kaki empat yang menggunakan *batter*  $1:8$  dibandingkan *batter*  $1:10$  sebesar  $\pm 0.6\%$ , *batter*  $1:12$  sebesar  $\pm 1.5\%$  dan *batter*  $1:14$  sebesar  $\pm 2.8\%$ . Akibat kenaikan berat struktur maka biaya konstruksi total akan mengalami kenaikan dengan bertambahnya kemiringan *jacket* (*batter*) seperti yang ditunjukkan oleh nilai biaya total konstruksi (grafik 4.1.2.4), biaya konstruksi per ton (grafik 4.1.2.3) dan berat struktur (grafik 4.1.2.2). Besarnya kenaikan biaya konstruksi total dari struktur *jacket* kaki empat yang menggunakan *batter*  $1:8$  dibandingkan *batter*  $1:10$  sebesar  $\pm 0.7\%$ , *batter*  $1:12$  sebesar  $\pm 1.6\%$  dan *batter*  $1:14$  sebesar  $\pm 3.0\%$ . Begitu juga untuk jenis *double batter* biaya konstruksi akan lebih besar dari jenis *single batter*. Besarnya kenaikan biaya konstruksi *jacket* kaki empat jenis *double batter* terhadap jenis *single batter* sebesar  $\pm 1.4\%$ .

## **BAB V**

# **KESIMPULAN DAN SARAN**





## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

##### 1. Kekuatan Struktur

Kekuatan struktur yang ditinjau dari 3 kriteria yaitu rasio interaksi, tegangan *punching shear* dan *fatigue life* adalah sebagai berikut:

- a. Harga rasio interaksi, tegangan *punching shear*, *actual/allowable punching shear* semakin besar dengan bertambahnya kemiringan *jacket (batter)*, dan untuk harga *fatigue life* semakin berkurang dengan bertambahnya kemiringan *jacket (batter)*. Jadi semakin bertambah kemiringan *jacket (batter)* kekuatan struktur semakin berkurang.
- b. Besarnya kenaikan atau pengurangan harga rasio interaksi, tegangan *punching shear actual/allowable punching shear* dan *fatigue life* struktur *jacket* kaki empat yang menggunakan *batter* 1:8 dibandingkan *batter* 1:10, *batter* 1:8 dibandingkan *batter* 1:12 dan *batter* 1:8 dibandingkan *batter* 1:14 adalah berturut-turut sebagai berikut:
  - Rasio interaksi naik :  $\pm 3.5\%$ ,  $\pm 8.4\%$ ,  $\pm 16.4\%$ .
  - Tegangan *punching shear* naik :  $\pm 9.9\%$ ,  $\pm 22\%$ ,  $\pm 41.1\%$ .
  - *Actual/allowable punching shear* naik :  $\pm 3.7\%$ ,  $\pm 9.2\%$ ,  $\pm 17.6\%$ .
  - *Fatigue life* berkurang :  $\pm 45.3\%$ ,  $\pm 73.8\%$ ,  $\pm 88.4\%$ .





- c. Harga rasio interaksi dan *actual/allowable punching shear double batter* lebih kecil dari *single batter*, adapun tegangan *punching shear* dan *fatigue life double batter* lebih besar dibandingkan jenis *single batter*. Jadi kekuatan struktur jacket kaki empat jenis *double batter* lebih baik dibandingkan jenis *single batter*.
- d. Besarnya kenaikan atau pengurangan harga rasio interaksi, tegangan *punching shear*, *actual/allowable punching shear*, serta *fatigue life* dari jacket kaki empat jenis *double batter* dibandingkan jenis *single batter* adalah sebagai berikut:
- Rasio interaksi berkurang  $\pm 19.2\%$
  - *Actual/allowable punching shear* berkurang  $\pm 19.0\%$
  - Tegangan *punching shear* naik  $\pm 19.6\%$
  - *Fatigue life* naik  $\pm 6.3\%$

## 2. Biaya Konstruksi

- a. Biaya konstruksi total semakin besar dengan bertambahnya kemiringan *jacket (batter)*, dengan bertambahnya *batter* maka berat struktur juga akan mengalami penambahan. Besarnya biaya konstruksi berbanding lurus dengan *batter* yang dapat dimodelkan dalam persamaan kuadrat. Besarnya penambahan biaya konstruksi total dari struktur *jacket* kaki empat yang menggunakan *batter* 1:8 dibandingkan *batter* 1:10 sebesar  $\pm 0.7\%$ , *batter* 1:12 sebesar  $\pm 1.6\%$  dan *batter* 1:14 sebesar  $\pm 3.0\%$ .



- b. Biaya konstruksi *jacket* kaki empat jenis *double batter* naik  $\pm 1.4\%$  dibandingkan jenis *single batter*, sehingga jenis *single batter* lebih baik dibandingkan jenis *double batter*.
3. Ditinjau dari kekuatan struktur dan biaya konstruksi, *jacket* kaki empat jenis *double batter* lebih baik dibandingkan dengan jenis *single batter*, karena kenaikan kekuatan struktur yang ditinjau dari rasio interaksi, *punching shear* dan *fatigue life* (seperti yang disebutkan pada bagian atas) lebih besar dibandingkan kenaikan biaya konstruksi yang hanya  $\pm 1.4\%$ .

## 5.2. Saran

1. Pondasi merupakan bagian yang cukup signifikan berubah bila terjadi perubahan perancangan bangunan di atasnya, dengan perubahan *batter* secara tidak langsung akan terjadi perubahan dalam perancangan pondasi, jadi kiranya perlu dianalisa lebih lanjut pengaruh *batter* terhadap pondasi.
2. Faktor biaya merupakan faktor yang cukup dipertimbangan dalam perancangan struktur, untuk struktur lepas pantai faktor kedalaman juga mempengaruhi perancangan. Untuk studi lebih lanjut perlu dikembangkan pengaruh kedalaman terhadap penambahan biaya konstruksi serta seberapa besar pengurangan kekuatan struktur yang terjadi.



## **DAFTAR PUSTAKA**



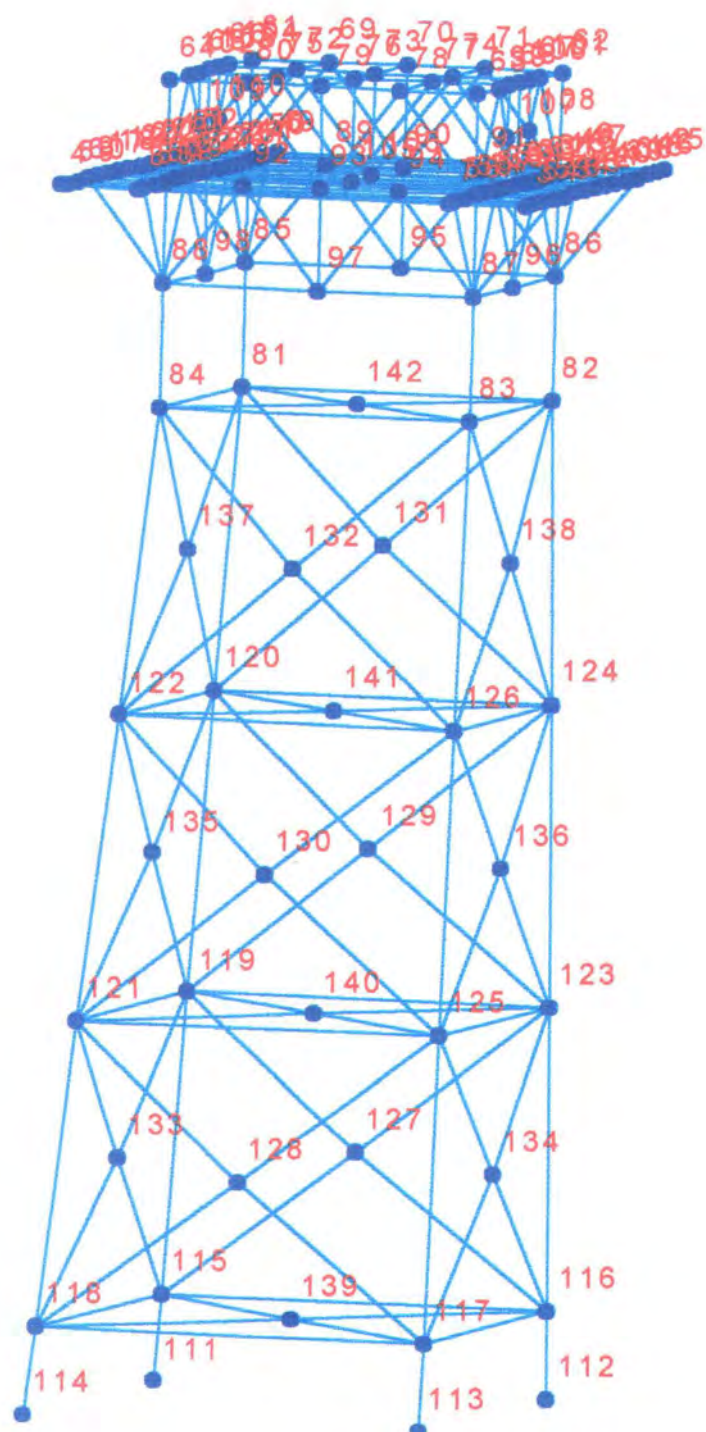
## DAFTAR PUSTAKA

- API. 2002, "Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design (API RP 2A WSD) - 21 edition". American Petroleum Institute.
- AISC.1989, "Manual of Steel Construction Allowable Stress Design – 9 edition ". AMERICAN Institut of Steel Construction.
- Chakrabarty, S.K., 1987, "Hydrodynamics of Offshore Structures", Computational Mechanics Publications Southampton, Boston, USA.
- Dawson, T.H., 1983, "Offshore Structural Engineering", Prentice-Hall, Inc., Engelwood Cliffs, New Jersey, USA.
- Drawe, W.J. H., 1986, "Conceptual Development", Planning and Design of Fixed Offshore Platform, Van Nostrand Reinhold. Co, New York.
- Graff, W.J, 1981, Introduction to Offshore Structure. Gulf Publishing Company, Houston.
- Murdjito, 1996; "Diktat Pengantar Bangunan Lepas Pantai", Kursus Segitiga Biru ITS – Unhas – Unpati, FTK ITS, Surabaya.
- Royke., 2000; "Tugas Akhir Studi Pengaruh Batter pada Kekuatan dari Jacket kaki Tiga", Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS, Surabaya
- Tarigan, H., & Prastianto, R.W., 2000, "Metode Elemen Hingga", Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS, Surabaya.

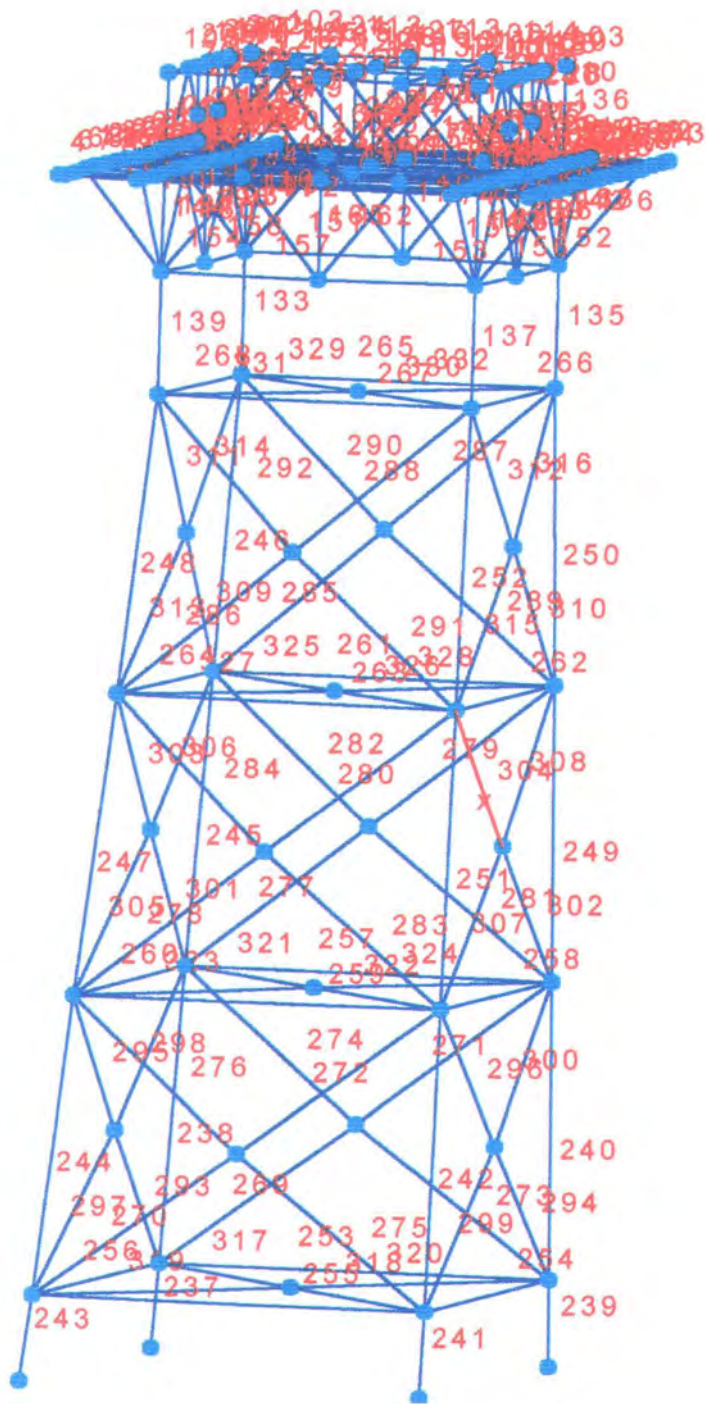
- Popov, E.P., 1993, "Mechanical of Material", Prentice-Hall, Inc., Engelwood Cliffs, New Jersey, USA.
- Rosyid, D.M., 1996, "Perancangan Struktur Anjungan Lepas Pantai – Filosofi, Prosedur, Model Analisis", ITS, Surabaya.
- Rumawas, V., 1992; "Tugas Akhir Analisa Perhitungan Ulang Helidek sebagai Satu Studi Perbandingan Validitas Peraturan-Peraturan yang Berlaku di Indonesia", Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS, Surabaya.
- Sarpkaya, T. & Isaacson M., 1981, "Mechanics of Wave Forces on Offshore Structures", Van Nostrand Reinhold, New York.
- Soedjono, J.J. dan Sujantoko, 1999, "Diktat Perancangan Sistem Bangunan Laut", Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, Surabaya.
- Weidler, J.B., dan D.I. Karsan, 1986, "Analytical models, Three dimensional Analysis", Planning and Design of Offshore Platform, Van Nostrand Reinhold. Co, New York.

# LAMPIRAN

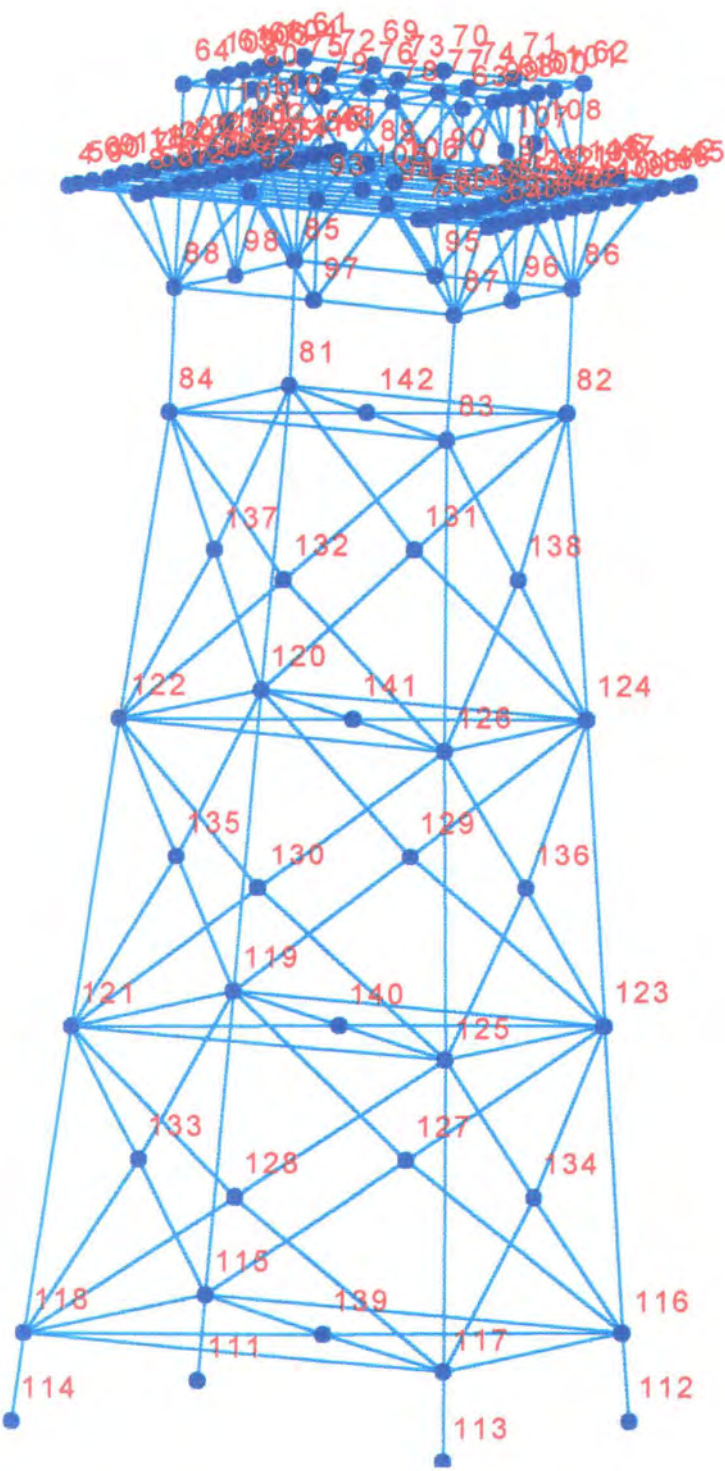




GL 1. Letak joint pada jacket kaki empat jenis *single batter*

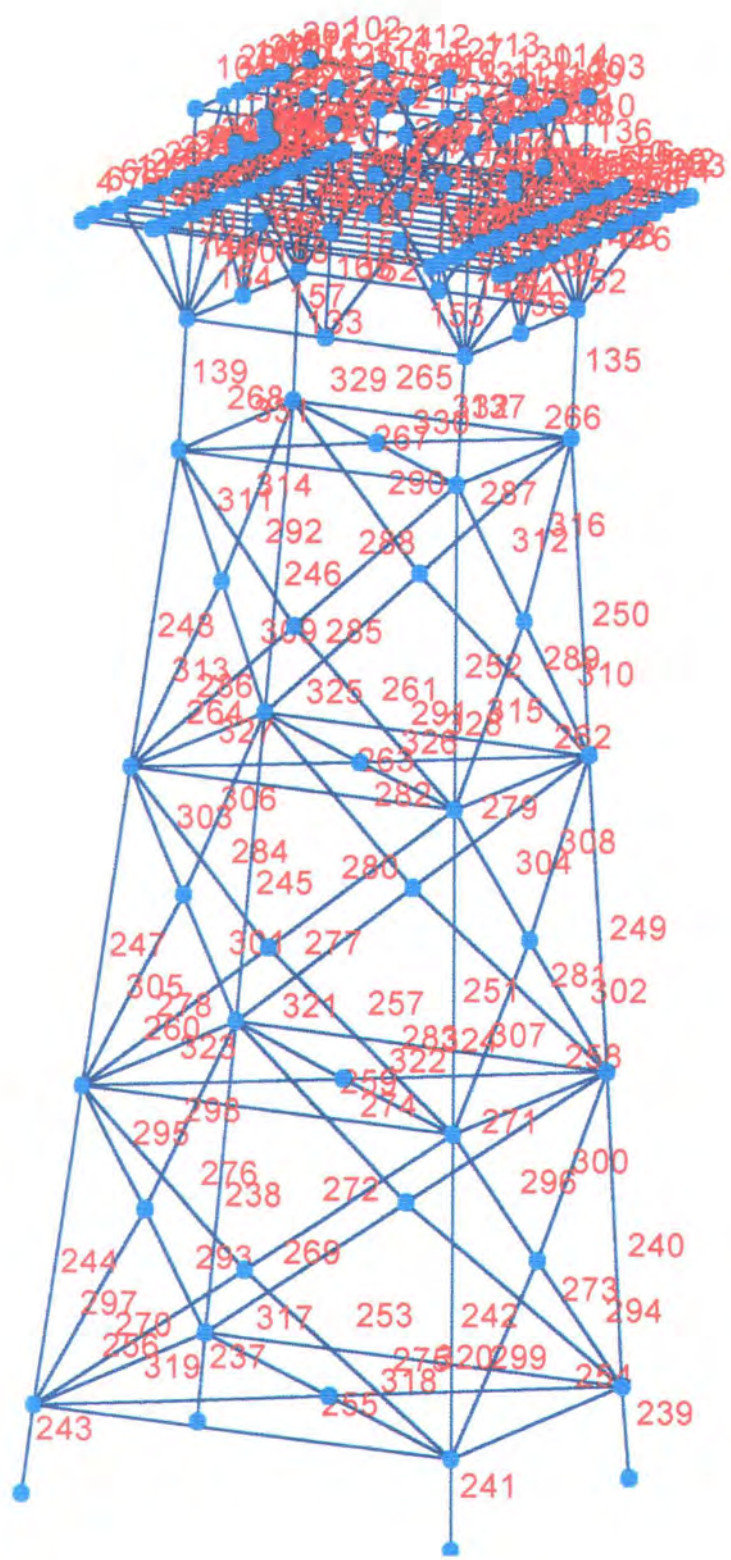


GL 2. Letak member pada jacket kaki empat jenis *single batter*



GL 3. Letak joint pada jacket kaki empat jenis *double batter*





GL 4. Letak member pada jacket kaki empat jenis *double batter*

OUT PUT DARI ANALISA STRUKSTUR DENGAN GTSTRUDL

1. RASIO INTERAKSI  
1.1. SINGLE BATTER KONDISI BADAI  
1.1.1. BATTER 1:8

MEMBER CODE	TABLE PROFILE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES		UNITS STATUS	
-----/-----/-----/-----/-----/-----/-----/-----/-----/-----/									
133	PRISMATIC	comb	16.011	3.3.1-3	0.160	-266.754	3.326	-5.309 FEET KIP	
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	-39.936	-26.605	-75.755 PASSED	
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		
135	PRISMATIC	comb	0.000	3.3.1-3	0.162	-267.861	-3.388	-4.089 FEET KIP	
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	-30.286	40.710	-71.366 PASSED	
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		
137	PRISMATIC	comb	0.000	3.3.1-3	0.160	-267.965	-3.340	4.084 FEET KIP	
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	30.760	-39.726	-68.859 PASSED	
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		
139	PRISMATIC	comb	16.011	3.3.1-3	0.159	-266.715	3.363	5.314 FEET KIP	
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	40.974	26.956	-73.962 PASSED	
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		
237	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.433	328.248	-50.406	-40.477 FEET KIP	
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	64.040	390.466	-422.440 PASSED	
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		
238	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.171	247.078	1.110	1.901 FEET KIP	
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.197	41.368	-86.499	51.821 PASSED	
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		
239	PRISMATIC	comb	0.000	3.3.1-2	0.627	-552.661	0.770	-82.853 FEET KIP	
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	66.724	775.930	11.800 PASSED	
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		
240	PRISMATIC	comb	0.000	3.3.1-4	0.306	-479.053	-0.379	3.234 FEET KIP	
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.195	40.239	-162.179	-11.750 PASSED	
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		
241	PRISMATIC	comb	0.000	3.3.1-2	0.624	-552.331	1.129	82.448 FEET KIP	
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	-67.358	-771.932	15.258 PASSED	
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		

1.1.2. BATTER 1:10

MEMBER CODE	TABLE PROFILE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES		UNITS	
						FX/MT	FY/MY	FZ/MZ	STATUS
-----/-----/-----/-----/-----/-----/-----/-----/-----/									
133	PRISMATIC	comb	16.011	3.3.1-3	0.158	-266.662	3.194	-4.584	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	-38.624	-23.485	-72.867	PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		
135	PRISMATIC	comb	0.000	3.3.1-3	0.159	-267.965	-3.249	-3.665	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	-28.768	36.526	-68.107	PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		
137	PRISMATIC	comb	0.000	3.3.1-3	0.158	-268.040	-3.211	3.661	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	29.180	-35.849	-66.142	PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		
139	PRISMATIC	comb	16.011	3.3.1-3	0.158	-266.628	3.226	4.588	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	39.472	23.675	-71.473	PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		
237	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.447	336.431	-51.640	-42.470	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	58.226	405.091	-438.586	PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		
238	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.174	252.817	1.072	1.818	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.196	38.022	-85.585	56.985	PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		
239	PRISMATIC	comb	0.000	3.3.1-2	0.619	-550.445	1.418	-81.741	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	58.947	763.335	16.475	PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		
240	PRISMATIC	comb	0.000	3.3.1-4	0.299	-472.334	-0.348	3.024	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.195	36.605	-155.196	-10.952	PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		
241	PRISMATIC	comb	0.000	3.3.1-2	0.618	-550.140	1.738	81.392	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	-59.482	-759.912	19.505	PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000		



1.1.3. BATTER 1:12

MEMBER CODE	TABLE PROFILE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES		UNITS
						FX/MT	FY/MY	FZ/MZ
133	PRISMATIC	COMB	16.011	3.3.1-3	0.157	-266.608	3.108	-4.113 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	-37.714	-21.403	-71.117 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
135	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.158	-268.025	-3.157	-3.381 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	-27.808	33.746	-66.117 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
137	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.157	-268.083	-3.125	3.379 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	28.169	-33.242	-64.498 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
139	PRISMATIC	COMB	16.011	3.3.1-3	0.157	-266.579	3.136	4.116 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	38.433	21.514	-69.975 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
237	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-2	0.454	342.937	-52.560	-43.847 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	54.235	415.702	-450.311 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
238	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.177	257.102	1.039	1.768 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.195	35.822	-85.086	60.163 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
239	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-2	0.615	-549.155	1.832	-80.996 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	54.097	755.385	19.482 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
240	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-4	0.295	-467.665	-0.328	2.879 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.195	34.337	-150.507	-10.437 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
241	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-2	0.613	-548.871	2.120	80.690 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	-54.565	-752.395	22.183 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	

1.1.4. BATTER 1:14

MEMBER CODE	TABLE PROFILE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES		UNITS
						FX/MT	FY/MY	FZ/MZ
133	PRISMATIC	COMB	16.011	3.3.1-3	0.156	-266.574	3.046	-3.783 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	-37.051	-19.916	-69.951 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
135	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.157	-268.063	-3.092	-3.179 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	-27.147	31.769	-64.779 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
137	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.156	-268.110	-3.064	3.177 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	27.466	-31.374	-63.400 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
139	PRISMATIC	COMB	16.011	3.3.1-3	0.156	-266.548	3.071	3.785 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	37.674	19.982	-68.983 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
237	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-2	0.463	348.140	-53.326	-44.883 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	51.355	423.945	-459.657 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
238	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.179	260.411	1.014	1.735 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.195	34.283	-84.826	62.431 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
239	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-2	0.612	-548.320	2.158	-80.464 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	50.790	749.934	21.874 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
240	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-4	0.291	-464.222	-0.319	2.773 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.194	32.802	-147.113	-10.198 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
241	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-2	0.610	-548.052	2.419	80.192 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	-51.209	-747.279	24.310 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	



1.2. DOUBLE BATTER KONDISI BADAI  
1.2.1. BATTER 1:8

MEMBER CODE	TABLE PROFILE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES		UNITS
						FX/MT	FY/MY	STATUS
310	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.423	-18.856	1.281	-5.739 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.329	0.617	57.504	9.821 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
311	PRISMATIC	COMB	29.732	3.3.1-3	0.494	-17.298	1.208	7.759 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.329	-3.336	69.422	-11.542 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
312	PRISMATIC	COMB	29.732	3.3.1-3	0.444	-16.667	-1.144	5.541 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.329	-3.579	61.137	13.838 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
313	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.416	-18.063	-0.802	5.623 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.371	1.184	-56.297	-8.760 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
314	PRISMATIC	COMB	26.272	3.3.1-3	0.516	-18.878	1.467	-8.004 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.290	1.057	-72.268	-13.981 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
315	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.402	-16.985	1.347	5.428 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.371	0.925	-54.361	10.359 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
316	PRISMATIC	COMB	26.272	3.3.1-3	0.475	-18.556	-1.307	-6.016 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.290	1.425	-65.345	15.139 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
317	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.460	2.629	4.255	-0.574 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.538	1.149	1.891	71.785 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
318	PRISMATIC	N 0001	48.718	R3.3.1-3	0.401	0.906	-4.112	0.589 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.538	-1.173	1.978	63.525 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
319	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.460	2.652	4.254	0.574 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.538	-1.140	-1.893	71.767 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	

1.2.2. BATTER 1:10

MEMBER CODE	TABLE PROFILE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES		UNITS
						FX/MT	FY/MY	STATUS
311	PRISMATIC	COMB	29.330	3.3.1-3	0.485	-17.111	1.012	7.728 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.324	-2.660	68.468	-9.218 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
312	PRISMATIC	COMB	29.330	3.3.1-3	0.434	-16.704	-1.002	5.520 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.324	-2.886	59.998	11.869 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
313	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.407	-17.607	-0.690	5.613 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.357	1.340	-55.591	-7.438 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
314	PRISMATIC	COMB	26.557	3.3.1-3	0.502	-18.413	1.160	-7.932 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.293	0.900	-70.706	-10.618 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
315	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.392	-16.548	1.189	5.405 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.357	1.097	-53.422	8.583 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
316	PRISMATIC	COMB	26.557	3.3.1-3	0.458	-18.285	-1.085	-5.898 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.293	1.235	-63.246	12.421 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
317	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.391	1.949	3.928	-0.521 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.492	1.294	1.227	61.247 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
318	PRISMATIC	N 0001	44.542	R3.3.1-3	0.325	0.343	-3.722	0.533 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.492	-1.316	1.298	51.846 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
319	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.391	1.968	3.928	0.521 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.492	-1.285	-1.228	61.232 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	

1.2.3. BATTER 1:12

MEMBER CODE	TABLE PROFILE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES		UNITS
						Fx/My	Fy/Mx	STATUS
310	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.401	-17.497	1.002	-5.618 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.321	-0.166	55.136	6.759 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
311	PRISMATIC	COMB	29.068	3.3.1-3	0.479	-17.009	0.877	7.706 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.321	-2.219	67.812	-7.662 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
312	PRISMATIC	COMB	29.068	3.3.1-3	0.428	-16.749	-0.905	5.504 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.321	-2.438	59.226	10.574 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
313	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.402	-17.328	-0.612	5.607 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.349	1.432	-55.149	-6.533 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
314	PRISMATIC	COMB	26.754	3.3.1-3	0.493	-18.120	0.968	-7.878 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.296	0.788	-69.642	-8.532 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
315	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.385	-16.274	1.079	5.390 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.349	1.199	-52.817	7.387 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
316	PRISMATIC	COMB	26.754	3.3.1-3	0.447	-18.106	-0.949	-5.817 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.296	1.102	-61.858	10.776 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
317	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.348	1.494	3.716	-0.485 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.461	1.412	0.833	54.849 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
318	PRISMATIC	N 0001	41.758	3.3.1-3	0.279	-0.033	-3.457	0.495 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.461	-1.433	0.897	44.540 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
319	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.348	1.510	3.715	0.485 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.461	-1.403	-0.833	54.836 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	

1.2.4. BATTER 1:14

MEMBER CODE	TABLE PROFILE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES		UNITS
						Fx/My	Fy/Mx	STATUS
310	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.395	-17.135	0.922	-5.579 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.319	-0.378	54.433	5.910 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
311	PRISMATIC	COMB	28.884	3.3.1-3	0.475	-16.950	0.779	7.688 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.319	-1.910	67.333	-6.548 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
312	PRISMATIC	COMB	28.884	3.3.1-3	0.423	-16.792	-0.834	5.491 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.319	-2.125	58.669	9.659 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
313	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.399	-17.142	-0.553	5.603 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.342	1.491	-54.847	-5.873 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
314	PRISMATIC	COMB	26.900	3.3.1-3	0.487	-17.919	0.837	-7.837 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.297	0.705	-68.875	-7.116 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
315	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.381	-16.089	0.998	5.379 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.342	1.265	-52.396	6.523 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
316	PRISMATIC	COMB	26.900	3.3.1-3	0.439	-17.981	-0.858	-5.758 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.297	1.004	-60.875	9.680 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
317	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.320	1.155	3.567	-0.459 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.439	1.510	0.582	50.602 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
318	PRISMATIC	N 0001	39.770	3.3.1-3	0.248	-0.314	-3.264	0.468 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.439	-1.530	0.643	39.542 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
319	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.320	1.169	3.567	0.459 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.439	-1.502	-0.582	50.591 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	





1.3. SINGLE BATTER KONDISI OPERASIONAL  
1.3.1. BATTER 1:8

MEMBER CODE	TABLE PROFILE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES FX/MT	FY/MY	FZ/MZ	UNITS STATUS
133 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-3 3.3.1D C THI =	0.145 0.079 0.0820	-270.710 -16.822 D/T = 36.0000	3.033 45.674	-4.474 10.340	FEET KIP PASSED
135 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-3 3.3.1D C THI =	0.147 0.079 0.0820	-269.720 -4.833 D/T = 36.0000	-3.044 41.057	-4.163 -30.317	FEET KIP PASSED
137 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-3 3.3.1D C THI =	0.147 0.079 0.0820	-269.766 4.719 D/T = 36.0000	-3.063 -40.759	4.157 -29.847	FEET KIP PASSED
139 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-3 3.3.1D C THI =	0.145 0.079 0.0820	-270.696 16.847 D/T = 36.0000	3.060 -45.340	4.480 11.673	FEET KIP PASSED
237 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-3 3.3.1D C THI =	0.191 0.056 0.0820	-114.237 16.003 D/T = 36.0000	-22.613 196.943	-20.832 -201.284	FEET KIP PASSED
238 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-3 3.3.1D C THI =	0.092 0.197 0.0820	-137.572 13.443 D/T = 36.0000	0.824 -41.123	1.254 29.462	FEET KIP PASSED
239 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-2 3.3.1D C THI =	0.339 0.056 0.0820	-406.374 14.290 D/T = 36.0000	0.213 325.390	-34.500 8.107	FEET KIP PASSED
240 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-4 3.3.1D C THI =	0.212 0.195 0.0820	-370.319 10.929 D/T = 36.0000	-0.367 -69.983	1.789 -11.072	FEET KIP PASSED
241 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-2 3.3.1D C THI =	0.338 0.056 0.0820	-406.296 -14.481 D/T = 36.0000	0.356 -323.980	34.348 9.643	FEET KIP PASSED

1.3.2. BATTER 1:10

MEMBER CODE	TABLE PROFILE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES FX/MT	FY/MY	FZ/MZ	UNITS STATUS
133 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-3 3.3.1D C THI =	0.143 0.079 0.0820	-270.730 -16.356 D/T = 36.0000	2.924 40.592	-3.978 9.182	FEET KIP PASSED
135 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-3 3.3.1D C THI =	0.145 0.079 0.0820	-269.708 -4.382 D/T = 36.0000	-2.934 37.503	-3.771 -29.720	FEET KIP PASSED
137 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-3 3.3.1D C THI =	0.145 0.079 0.0820	-269.738 4.300 D/T = 36.0000	-2.950 -37.373	3.766 -29.361	FEET KIP PASSED
139 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-3 3.3.1D C THI =	0.143 0.079 0.0820	-270.714 16.372 D/T = 36.0000	2.946 -40.433	3.983 10.230	FEET KIP PASSED
237 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-3 3.3.1D C THI =	0.189 0.056 0.0820	-122.908 14.927 D/T = 36.0000	-21.556 190.448	-20.257 -191.986	FEET KIP PASSED
238 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-3 3.3.1D C THI =	0.094 0.196 0.0820	-143.846 12.470 D/T = 36.0000	0.750 -38.554	1.141 28.229	FEET KIP PASSED
239 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-2 3.3.1D C THI =	0.328 0.056 0.0820	-397.442 13.087 D/T = 36.0000	0.676 310.790	-33.061 11.191	FEET KIP PASSED
240 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-4 3.3.1D C THI =	0.204 0.195 0.0820	-359.418 10.084 D/T = 36.0000	-0.334 -65.197	1.629 -10.069	FEET KIP PASSED
241 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-2 3.3.1D C THI =	0.327 0.056 0.0820	-397.374 -13.251 D/T = 36.0000	0.803 -309.579	32.930 12.513	FEET KIP PASSED
242 APIWSD20 OD =	PRISMATIC PIPE 2.9528	COMB ID =	0.000 2.7887	3.3.1-4 3.3.1D C THI =	0.204 0.195 0.0820	-360.305 -10.150 D/T = 36.0000	-0.376 64.896	-1.619 -11.054	FEET KIP PASSED



1.3.3. BATTER 1:12

MEMBER CODE	TABLE PROFILE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES		UNITS
						FX/MT	FY/MY	STATUS
133	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.141	-270.745	2.851	-3.650 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	-16.022	37.260	8.355 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
135	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.144	-269.697	-2.861	-3.510 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	-4.100	35.145	-29.373 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
137	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.144	-269.719	-2.874	3.506 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	4.036	-35.097	-29.083 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
139	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.141	-270.730	2.869	3.654 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	16.034	-37.188	9.220 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
237	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.188	-129.238	-20.778	-19.803 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	14.141	185.642	-185.237 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
238	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.095	-148.418	0.694	1.062 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.195	11.816	-36.769	27.242 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
239	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-2	0.320	-391.088	0.960	-32.013 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	12.316	300.425	13.075 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
240	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-4	0.199	-351.653	-0.313	1.517 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.195	9.552	-61.890	-9.419 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
241	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-2	0.319	-391.027	1.074	31.898 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	-12.461	-299.365	14.241 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
242	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-4	0.199	-352.534	-0.349	-1.508 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.195	-9.615	61.627	-10.253 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	

1.3.4. BATTER 1:14

MEMBER CODE	TABLE PROFILE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES		UNITS
						FX/MT	FY/MY	STATUS
133	PRISMATIC	COMB	16.011	3.3.1-3	0.140	-264.959	2.799	-3.417 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	-15.773	-19.794	-37.078 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
135	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.144	-269.688	-2.808	-3.324 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	-3.908	33.468	-29.148 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
137	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.143	-269.704	-2.819	3.320 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	3.856	-33.464	-28.904 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
139	PRISMATIC	COMB	16.011	3.3.1-3	0.140	-264.945	2.814	3.420 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.079	15.784	19.875	-36.590 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
237	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.187	-134.072	-20.166	-19.434 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	13.549	181.867	-179.963 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
238	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.096	-151.893	0.649	1.003 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.195	11.353	-35.433	26.398 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
239	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-2	0.314	-386.308	1.174	-31.200 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	11.779	292.535	14.526 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
240	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-4	0.195	-345.832	-0.301	1.433 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.194	9.192	-59.422	-9.045 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
241	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-2	0.313	-386.253	1.278	31.098 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.056	-11.909	-291.592	15.572 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	
242	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-4	0.195	-346.689	-0.333	-1.425 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.194	-9.251	59.188	-9.766 PASSED
OD =	2.9528	ID =	2.7887	THI =	0.0820	D/T =	36.0000	

1.4. DOUBLE BATTER KONDISI OPERASIONAL  
1.4.1. BATTER 1:8

MEMBER CODE	TABLE PROFILE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES		UNITS	
						FX/MT	FY/MY	FZ/MZ	STATUS
310	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.180	-20.159	0.688	-1.967	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.329	0.680	18.423	3.782	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
311	PRISMATIC	COMB	29.732	3.3.1-3	0.206	-16.786	0.858	1.848	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.329	-1.377	23.734	-6.278	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
312	PRISMATIC	COMB	29.732	3.3.1-3	0.126	-16.171	0.531	0.824	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.329	-1.654	12.104	-0.873	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
313	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.216	-18.531	-0.299	2.371	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.371	0.191	-24.471	-4.047	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
314	PRISMATIC	COMB	26.272	3.3.1-3	0.224	-18.430	0.823	-2.120	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.290	0.449	-26.175	-6.530	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
315	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.173	-18.133	0.790	1.860	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.371	-0.276	-17.514	4.723	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
316	PRISMATIC	COMB	26.272	3.3.1-3	0.141	-17.940	0.318	-0.991	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.290	1.114	-14.012	0.903	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
317	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.439	1.508	4.219	-0.081	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.538	0.356	-0.028	69.164	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
318	PRISMATIC	N 0001	48.718	R3.3.1-3	0.422	1.157	-4.185	0.118	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.538	-0.366	0.180	66.709	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
319	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.439	1.509	4.218	0.081	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.538	-0.355	0.021	69.150	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		

1.4.2. BATTER 1:10

MEMBER CODE	TABLE PROFILE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES		UNITS STATUS	
						FX/MT	FY/MY	FZ/MZ	
311	PRISMATIC	COMB	29.330	3.3.1-3	0.202	-16.669	0.776	1.851	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.324	-1.118	23.488	-5.192	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
312	PRISMATIC	COMB	29.330	3.3.1-3	0.124	-16.114	0.529	0.823	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.324	-1.416	11.860	-1.009	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
313	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.211	-18.065	-0.255	2.375	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.357	0.267	-24.182	-3.506	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
314	PRISMATIC	COMB	26.557	3.3.1-3	0.216	-18.032	0.726	-2.071	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.293	0.403	-25.430	-5.160	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
315	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.167	-17.666	0.711	1.854	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.357	-0.201	-17.166	3.914	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
316	PRISMATIC	COMB	26.557	3.3.1-3	0.136	-17.590	0.364	-0.958	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.293	1.003	-13.351	0.310	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
317	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.367	0.927	3.869	-0.074	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.492	0.400	-0.120	58.194	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
318	PRISMATIC	N 0001	44.542	R3.3.1-3	0.348	0.597	-3.814	0.105	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.492	-0.410	0.050	55.361	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		
319	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.367	0.927	3.869	0.075	FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.492	-0.399	0.114	58.182	PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000		



1.4.3. BATTER 1:12

MEMBER CODE	TABLE PROFILE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES		UNITS
						FX/MT	FY/MY	FZ/MZ
310	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.169	-18.704	0.577	-1.927 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.321	0.418	17.607	2.692 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
311	PRISMATIC	COMB	29.068	3.3.1-3	0.200	-16.614	0.721	1.852 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.321	-0.949	23.311	-4.464 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
312	PRISMATIC	COMB	29.068	3.3.1-3	0.123	-16.095	0.527	0.822 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.321	-1.261	11.697	-1.092 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
313	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.208	-17.778	-0.224	2.377 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.349	0.312	-24.000	-3.139 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
314	PRISMATIC	COMB	26.754	3.3.1-3	0.211	-17.780	0.667	-2.036 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.296	0.369	-24.917	-4.311 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
315	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.164	-17.373	0.656	1.850 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.349	-0.154	-16.939	3.377 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
316	PRISMATIC	COMB	26.754	3.3.1-3	0.133	-17.362	0.393	-0.935 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.296	0.928	-12.920	-0.046 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
317	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.324	0.548	3.637	-0.070 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.461	0.436	-0.173	51.461 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
318	PRISMATIC	N 0001	41.758	R3.3.1-3	0.303	0.232	-3.565	0.097 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.461	-0.446	-0.024	48.330 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
319	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.324	0.548	3.637	0.070 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.461	-0.435	0.169	51.450 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	

1.4.4. BATTER 1:14

MEMBER CODE	TABLE PROFILE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES		UNITS
						FX/MT	FY/MY	FZ/MZ
310	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.166	-18.313	0.545	-1.915 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.319	0.346	17.367	2.388 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
311	PRISMATIC	COMB	28.884	3.3.1-3	0.198	-16.587	0.680	1.852 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.319	-0.831	23.178	-3.942 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
312	PRISMATIC	COMB	28.884	3.3.1-3	0.122	-16.094	0.526	0.822 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.319	-1.153	11.581	-1.148 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
313	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.206	-17.586	-0.201	2.379 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.342	0.342	-23.875	-2.874 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
314	PRISMATIC	COMB	26.900	3.3.1-3	0.208	-17.607	0.627	-2.010 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.297	0.343	-24.544	-3.736 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
315	PRISMATIC	COMB	0.000	3.3.1-3	0.161	-17.174	0.616	1.847 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.342	-0.122	-16.780	2.993 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
316	PRISMATIC	COMB	26.900	3.3.1-3	0.131	-17.203	0.413	-0.918 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.297	0.874	-12.617	-0.282 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
317	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.294	0.270	3.473	-0.066 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.439	0.467	-0.206	46.940 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
318	PRISMATIC	N 0001	39.770	3.3.1-3	0.272	-0.035	-3.386	0.091 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.439	-0.477	-0.069	43.565 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	
319	PRISMATIC	N 0001	0.000	R3.3.1-3	0.294	0.270	3.473	0.066 FEET KIP
APIWSD20	PIPE			3.3.1D C	0.439	-0.466	0.202	46.931 PASSED
OD =	1.3123	ID =	1.2467	THI =	0.0328	D/T =	40.0000	



### 2.1.2. BATTER 1:10

JOINT GEOMETRY PART	CHORD BRACE	LOAD SIN (ANG) AX	FINAL----SIZE OD TK ID SY	FX FY FZ	TORSION MY MZ	Vp-AX Vpa-AX	Vp-IPB Vpa-IPB	Vp-OPB Vpa-OPB	ACT-NF ALL-NF	ACTUAL/ALLOWABLE PROVISION NAME
115 K+Y	237 293	N 0001 0.7716	35.43 0.984	-13.56 -1.08	-6.20 -202.95	0.22 6.00	0.38 14.40	0.84 9.59	66.63 378.66	0.176 ASD F4-1
31/69		106.520	1.6E+04 892.618	1.50	-63.27					
115 T	237 317	N 0001 0.9903	35.43 0.984	-2.07 -3.62	-17.75 -7.89	0.04 5.17	3.46 14.40	0.01 9.59		0.163 ASD F4-1
		106.520	1.6E+04 892.618	0.50	-621.30					
115 T	237 253	comb 0.9951	35.43 0.984	-8.82 -0.82	0.97 49.49	0.19 5.22	1.08 14.40	0.20 9.82		0.087 ASD F4-1
		106.520	1.6E+04 892.618	-0.16	-169.35					
115 T	237 256	comb 0.9951	35.43 0.984	-1.21 -0.45	0.07 -130.18	0.03 5.22	0.28 14.40	0.84 9.82		0.061 4.3.1-3b
		106.520	1.6E+04 892.618	-1.14	57.62					
115 Y	237 269	comb 0.7267	35.43 0.984	-85.46 -0.14	9.68 22.22	1.31 5.14	0.37 14.40	0.04 9.56		0.271 4.3.1-3b
		106.520	1.6E+04 892.618	0.02	-89.02					
119 K+Y	238 274	comb 0.8014	35.43 0.984	-114.26 -0.59	23.20 106.99	1.93 5.16	0.05 14.40	0.49 9.59		0.406 4.3.1-3b
70/30		106.520	1.6E+04 892.618	0.43	25.32					
119 K	238 277	comb 0.6993	35.43 0.984	-67.77 0.79	28.10 72.48	1.00 5.16	0.22 14.40	0.32 9.59		0.216 4.3.1-3b
		106.520	1.6E+04 892.618	-0.12	65.40					
119 Y	238 298	comb 0.8478	35.43 0.984	-2.57 0.07	9.50 -223.43	0.05 5.16	0.22 14.40	1.05 9.59		0.079 4.3.1-3b
		106.520	1.6E+04 892.618	-1.98	-18.74					
119 Y	238 301	comb 0.7267	35.43 0.984	8.51 0.24	13.49 -373.47	0.13 5.16	0.01 14.40	1.54 9.59		0.128 4.3.1-3b
		106.520	1.6E+04 892.618	2.82	45.60					
119 T	238 321	comb 0.9902	35.43 0.984	-13.77 -0.51	-2.79 58.56	0.29 5.16	0.52 14.40	0.33 9.59		0.087 4.3.1-3b
		106.520	1.6E+04 892.618	0.53	-93.51					

JOINT GEOMETRY PART	CHORD BRACE	LOAD SIN (ANG) AX	FINAL----SIZE OD TK SY	FX FY FZ	TORSION MY MZ	Vp-AX Vpa-AX	Vp-IPB Vpa-IPB	Vp-OPB Vpa-OPB	ACT-NF ALL-NF	ACTUAL/ALLOWABLE PROVISION NAME
118 K+Y	243 297	N 0001 0.7898 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-14.59 -1.19 -1.47	2.22 186.16 -80.97	0.24 6.00	0.43 14.40	0.79 9.59	69.02 369.92	0.187 ASD F4-1
40/60										
118 T	243 319	N 0001 0.9950 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-1.23 -3.35 -0.44	20.41 2.26 -535.29	0.03 5.17	3.00 14.40	0.01 9.59		0.138 ASD F4-1
118 T	243 255	COMB 0.9975 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	8.06 -0.85 -0.15	1.01 -43.31 172.10	0.18 5.22	1.05 14.40	0.35 9.82		0.086 ASD F4-1
118 T	243 256	COMB 0.9975 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	1.43 -0.41 -1.05	-0.06 105.43 -46.71	0.03 5.22	0.34 14.40	0.64 9.82		0.050 4.3.1-3b
118 Y	243 270	COMB 0.7240 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-85.82 -0.15 0.00	-8.68 -20.60 -91.93	1.31 5.14	0.38 14.40	0.05 9.56		0.272 4.3.1-3b
119 K+Y	238 274	COMB 0.7769 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-115.68 -0.62 0.39	21.47 95.15 29.36	1.89 5.16	0.09 14.40	0.43 9.59		0.395 4.3.1-3b
69/31										
119 K	238 277	COMB 0.7030 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-66.36 0.78 -0.15	25.36 70.12 59.82	0.98 5.16	0.21 14.40	0.30 9.59		0.212 4.3.1-3b
119 Y	238 298	COMB 0.8144 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-2.77 0.02 -1.90	9.23 -201.78 -10.32	0.05 5.16	0.13 14.40	0.92 9.59		0.070 4.3.1-3b
119 Y	238 301	COMB 0.7239 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	9.17 0.16 2.75	16.82 -349.25 32.68	0.14 5.16	0.00 14.40	1.43 9.59		0.122 4.3.1-3b
119 T	238 321	COMB 0.9950 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-13.96 -0.51 0.46	-3.88 60.86 -87.67	0.29 5.16	0.49 14.40	0.34 9.59		0.088 4.3.1-3b

2.2. DOUBLE BATTER KONDISI BADAI  
2.2.1. BATTER 1:8

JOINT GEOMETRY PART	CHORD BRACE	LOAD SIN(ANG) AX	FINAL-----SIZE OD TK IY SY	FX FY FZ	TORSION MY MZ	Vp-AX Vpa-AX	Vp-IPB Vpa-IPB	Vp-OPB Vpa-OPB	ACT-NF ALL-NF	ACTUAL/ALLOWABLE PROVISION NAME
115 K+Y 15/85	237 293	N 0001 0.7785 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-12.60 -1.13 1.52	-5.82 -217.59 -63.08	0.21 6.00	0.41 14.40	0.90 9.59	64.32 375.30	0.171 4.3.1-3b
115 Y	237 317	N 0001 0.9847 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-2.63 -4.25 0.57	-13.79 -22.69 -861.42	0.05 5.17	4.77 14.40	0.13 9.59		0.226 ASD F4-1
115 T	237 253	COMB 0.9924 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-5.69 -0.71 -0.10	1.34 42.49 -148.84	0.13 5.22	0.95 14.40	0.15 9.83		0.067 ASD F4-1
115 K	237 256	COMB 0.9924 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	1.41 -0.49 -1.21	0.07 -152.84 68.04	0.03 5.98	0.30 14.40	0.99 9.83	57.74 278.57	0.207 4.3.1-3b
115 Y	237 269	COMB 0.7785 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-60.48 -0.03 0.08	9.32 12.85 -53.75	0.99 5.15	0.24 14.40	0.02 9.56		0.203 4.3.1-3b
124 K+Y 31/69	250 279	N 0001 0.8732 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	65.05 -0.15 0.92	22.19 220.19 -3.93	1.20 5.17	0.15 14.40	1.07 9.59		0.296 4.3.1-3b
124 K	250 289	N 0001 0.7277 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	23.82 -3.12 -0.36	34.38 149.26 -187.64	0.37 5.76	0.67 14.40	0.72 9.59		0.120 4.3.1-3b
124 K	250 308	N 0001 0.8213 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-1.31 -1.68 -4.02	31.30 -473.46 126.15	0.02 6.00	0.94 14.40	2.06 9.59	11.33 355.66	0.148 4.3.1-3b
124 Y	250 310	N 0001 0.6570 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-5.79 -2.05 5.85	-10.49 -708.91 -167.14	0.08 5.17	0.18 14.40	2.69 9.59		0.196 4.3.1-3b
124 Y	250 328	N 0001 0.9847 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-1.84 -3.45 -1.11	6.26 69.35 423.68	0.04 5.17	2.35 14.40	0.38 9.59		0.115 ASD F4-1
124 T	250 261	COMB 0.9924 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	10.52 -0.70 0.63	-6.67 188.82 36.97	0.23 5.21	0.37 14.40	1.12 9.81		0.119 4.3.1-3b

2.2.2. BATTER 1:10

JOINT GEOMETRY PART	CHORD BRACE	LOAD SIN(ANG) AX	FINAL-----SIZE OD TK IY SY	FX FY FZ	TORSION MY MZ	Vp-AX Vpa-AX	Vp-IPB Vpa-IPB	Vp-OPB Vpa-OPB	ACT-NF ALL-NF	ACTUAL/ALLOWABLE PROVISION NAME
115 K+Y 25/75	237 293	N 0001 0.7716 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-13.07 -1.07 1.51	-5.46 -204.87 -61.28	0.21 6.00	0.37 14.40	0.85 9.59	65.35 379.66	0.173 ASD F4-1
115 T	237 317	N 0001 0.9901 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-1.95 -3.93 0.52	-15.53 -14.72 -734.96	0.04 5.17	4.09 14.40	0.08 9.59		0.191 ASD F4-1
115 T	237 253	COMB 0.9951 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-5.76 -0.71 -0.11	1.12 40.10 -145.98	0.13 5.23	0.93 14.40	0.16 9.83		0.067 ASD F4-1
115 K	237 256	COMB 0.9951 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	1.03 -0.45 -1.14	0.07 -130.32 57.28	0.02 5.98	0.27 14.40	0.84 9.83	59.35 277.86	0.214 ASD F4-1
115 Y	237 269	COMB 0.7716 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-63.00 -0.04 0.05	8.86 15.44 -59.28	1.02 5.15	0.26 14.40	0.04 9.57		0.211 4.3.1-3b
124 K+Y 32/68	250 279	N 0001 0.8478 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	66.02 -0.01 0.83	23.40 196.14 -18.92	1.18 5.17	0.03 14.40	0.94 9.59		0.289 4.3.1-3b
124 K	250 289	N 0001 0.7267 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	24.12 -2.99 -0.37	32.79 140.20 -165.98	0.37 5.25	0.60 14.40	0.65 9.59		0.121 4.3.1-3b
124 K	250 308	N 0001 0.8014 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-1.63 -1.54 -3.85	28.82 -434.41 106.99	0.03 6.00	0.74 14.40	1.88 9.59	11.12 364.48	0.134 4.3.1-3b
124 Y	250 310	N 0001 0.6679 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-5.46 -1.86 5.76	-4.26 -687.35 -143.42	0.08 5.17	0.19 14.40	2.63 9.59		0.192 4.3.1-3b
124 T	250 328	N 0001 0.9901 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-2.20 -3.28 -1.05	7.50 70.94 385.39	0.05 5.17	2.15 14.40	0.40 9.59		0.108 ASD F4-1
124 T	250 261	COMB 0.9951 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	10.83 -0.63 0.63	-5.18 178.39 24.69	0.24 5.21	0.26 14.40	1.09 9.81		0.118 4.3.1-3b



JOINT GEOMETRY PART	CHORD BRACE	LOAD SIN (ANG) AX	FINAL---SIZE OD TK IY SY	FX FY FZ	TORSION MY MZ	Vp-AX Vpa-AX	Vp-IPB Vpa-IPB	Vp-OPB Vpa-OPB	ACT-NF ALL-NF	ACTUAL/ALLOWABLE PROVISION NAME
115 K+Y	237 293	N 0001 0.7601 106.520	35.43 0.984	-14.13 -1.02 1.48	-5.14 -187.76 -60.24	0.23 6.00	0.33 14.40	0.78 9.59	67.27 384.39	0.175 ASD F4-1
37/63										
115 T	237 317	N 0001 0.9949 106.520	35.43 0.984	-1.15 -3.57 0.46	-18.12 -6.99 -607.23	0.02 5.17	3.40 14.40	0.04 9.59		0.156 ASD F4-1
115 T	237 253	COMB 0.9975 106.520	35.43 0.984	-5.86 -0.73 -0.11	0.93 36.98 -147.20	0.13 5.23	0.93 14.40	0.16 9.83		0.067 ASD F4-1
115 K	237 256	COMB 0.9975 106.520	35.43 0.984	0.54 -0.41 -1.05	0.06 -105.53 46.01	0.01 5.98	0.24 14.40	0.68 9.83	61.87 277.21	0.223 ASD F4-1
115 Y	237 269	COMB 0.7601 106.520	35.43 0.984	-67.17 -0.05 0.02	8.19 17.12 -67.63	1.08 5.15	0.29 14.40	0.05 9.57		0.222 4.3.1-3b
119 R+Y	245 274	N 0001 0.8144 106.520	35.43 0.984	-76.15 -1.32 0.25	21.30 73.85 59.86	1.31 5.17	0.24 14.40	0.36 9.59		0.279 4.3.1-3b
79/21										
119 K	245 277	N 0001 0.7239 106.520	35.43 0.984	-67.85 -0.05 -0.07	23.54 60.66 5.43	1.03 5.17	0.00 14.40	0.25 9.59		0.217 4.3.1-3b
119 K	245 298	N 0001 0.8144 106.520	35.43 0.984	7.19 -0.65 -1.78	7.79 -176.09 18.50	0.12 5.17	0.01 14.40	0.81 9.59		0.078 4.3.1-3b
119 K+Y	245 301	N 0001 0.7239 106.520	35.43 0.984	-7.22 -0.65 2.69	17.98 -338.93 -21.14	0.11 5.17	0.21 14.40	1.37 9.59		0.113 4.3.1-3b
61/39										
119 T	245 321	N 0001 0.9949 106.520	35.43 0.984	0.75 -2.87 0.48	-2.94 58.16 -427.11	0.02 5.17	2.39 14.40	0.33 9.59		0.111 ASD F4-1
119 K	245 257	COMB 0.9975 106.520	35.43 0.984	-9.61 -0.30 -0.36	1.88 111.06 -44.33	0.21 5.23	0.33 14.40	0.67 9.83		0.087 4.3.1-3b

2.3. SINGLE BATTER KONDISI OPERASIONAL  
2.3.1. BATTER 1:8

JOINT GEOMETRY PART	CHORD BRACE	LOAD SIN (ANG) AX	FINAL OD IY	SIZE TK SY	FX FY FZ	TORSION MY MZ	Vp-AX Vpa-AX	Vp-IPB Vpa-IPB	Vp-OPB Vpa-OPB	ACT-NF ALL-NF	ACTUAL/ALLOWABLE PROVISION NAME
115 T	237 317	Weight 0.9850 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-0.73 2.81 -0.01	-1.67 2.09 486.93	0.02 5.16	2.70 14.40	0.05 9.58		0.123 ASD F4-1
115 T	237 253	N 0001 0.9924 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-0.65 -2.17 -0.03	0.20 9.83 -248.67	0.01 5.25	1.54 14.40	0.13 9.86		0.071 ASD F4-1
115 Y	237 269	N 0001 0.7277 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-28.29 -1.14 0.15	-0.17 -22.28 -90.35	0.43 5.17	0.35 14.40	0.15 9.59		0.102 4.3.1-3b
115 Y	237 293	N 0001 0.7785 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-9.60 -1.30 0.12	2.28 -7.58 -89.63	0.16 5.17	0.39 14.40	0.02 9.59		0.048 4.3.1-3b
115 T	237 317	N 0001 0.9850 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-1.03 -3.80 0.08	-4.01 0.30 -670.77	0.02 5.17	3.71 14.40	0.08 9.59		0.170 ASD F4-1
115 T	237 253	COMB 0.9924 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-6.97 -0.60 -0.05	0.36 15.21 -97.03	0.15 5.23	0.61 14.40	0.02 9.84		0.056 ASD F4-1
115 K+Y	238 274	COMB 0.8213 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-55.59 -0.32 0.09	7.47 27.04 23.44	0.96 5.16	0.09 14.40	0.14 9.58		0.197 4.3.1-3b
73/27											
119 K	238 277	COMB 0.6953 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-26.60 0.12 0.02	8.77 13.25 20.17	0.39 5.16	0.07 14.40	0.06 9.58		0.081 4.3.1-3b
119 Y	238 298	COMB 0.8732 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-5.70 -0.18 -0.38	1.99 -34.56 12.92	0.10 5.16	0.04 14.40	0.18 9.58		0.032 4.3.1-3b
119 K+Y	238 301	COMB 0.7277 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	8.46 -0.03 0.80	5.33 -114.86 16.30	0.13 5.16	0.01 14.40	0.47 9.58		0.055 4.3.1-3b
49/51											
119 T	238 321	COMB 0.9849 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-11.62 -0.68 0.13	-1.70 19.66 -114.52	0.24 5.16	0.63 14.40	0.12 9.58		0.076 4.3.1-3b

2.3.2. BATTER 1:10

JOINT GEOMETRY PART	CHORD BRACE	LOAD SIN (ANG) AX	FINAL OD IY	SIZE TK SY	FX FY FZ	TORSION MY MZ	Vp-AX Vpa-AX	Vp-IPB Vpa-IPB	Vp-OPB Vpa-OPB	ACT-NF ALL-NF	ACTUAL/ALLOWABLE PROVISION NAME
115 K+Y	237 293	N 0001 0.7716 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-9.50 -1.20 0.16	1.33 -15.95 -79.27	0.15 6.00	0.35 14.40	0.03 9.59	21.58 378.66	0.057 ASD F4-1
8/92											
115 T	237 317	N 0001 0.9903 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-0.56 -3.53 0.08	-4.75 1.84 -580.41	0.01 5.17	3.23 14.40	0.06 9.59		0.146 ASD F4-1
115 T	237 253	COMB 0.9951 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-6.74 -0.58 -0.04	0.35 13.76 -92.80	0.15 5.23	0.58 14.40	0.03 9.84		0.054 ASD F4-1
115 K	237 256	COMB 0.9951 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	1.49 -0.50 -0.18	0.02 -18.80 62.87	0.03 5.98	0.38 14.40	0.16 9.84	29.55 278.23	0.106 ASD F4-1
115 Y	237 269	COMB 0.7267 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-28.54 -0.27 0.03	2.06 1.90 -41.99	0.44 5.15	0.17 14.40	0.01 9.57		0.092 4.3.1-3b
119 K+Y	238 274	COMB 0.8014 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-55.03 -0.33 0.09	7.14 26.33 24.20	0.93 5.15	0.09 14.40	0.13 9.58		0.190 4.3.1-3b
71/29											
119 K	238 277	COMB 0.6993 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-24.05 0.13 0.00	8.31 14.82 19.66	0.35 5.15	0.07 14.40	0.07 9.58		0.074 4.3.1-3b
119 Y	238 298	COMB 0.8478 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-6.57 -0.19 -0.39	2.24 -34.87 13.83	0.12 5.15	0.04 14.40	0.17 9.58		0.034 4.3.1-3b
119 K+Y	238 301	COMB 0.7267 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	9.28 -0.03 0.80	6.11 -110.36 14.03	0.14 5.15	0.00 14.40	0.45 9.58		0.056 4.3.1-3b
56/44											
119 T	238 321	COMB 0.9902 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-12.01 -0.66 0.12	-1.87 20.75 -104.30	0.25 5.15	0.58 14.40	0.12 9.58		0.075 4.3.1-3b

### 2.3.3. BATTER 1:12

JOINT GEOMETRY PART	CHORD BRACE	LOAD SIN (ANG) AX	FINAL----SIZE OD TK IY SY	FX FY	TORSION MY MZ	Vp-AX Vpa-AX	Vp-IPB Vpa-IPB	Vp-OPB Vpa-OPB	ACT-NF ALL-NF	ACTUAL/ALLOWABLE PROVISION NAME
115 K+Y	237 293	N 0001 0.7653	35.43 0.984	-9.53 -1.14	0.82 -20.23	0.15 6.00	0.32 14.40	0.05 9.59	22.21 381.76	0.058 ASD F4-1
14/86		106.520	1.6E+04	892.618	0.19 -73.25					
115 T	237 317	N 0001 0.9932	35.43 0.984	-0.24 -3.36	-5.32 2.66	0.01 5.17	2.93 14.40	0.05 9.59		0.131 ASD F4-1
		106.520	1.6E+04	892.618	0.07 -524.60					
115 T	237 253	COMB 0.9966	35.43 0.984	-6.59 -0.58	0.34 12.73	0.15 5.23	0.57 14.40	0.03 9.84		0.053 ASD F4-1
		106.520	1.6E+04	892.618	-0.04 -90.04					
115 K	237 256	COMB 0.9966	35.43 0.984	1.64 -0.47	0.02 -17.08	0.04 5.98	0.33 14.40	0.13 9.84	28.64 277.80	0.103 ASD F4-1
		106.520	1.6E+04	892.618	-0.18 55.23					
115 Y	237 269	COMB 0.7253	35.43 0.984	-27.17 -0.26	2.00 2.48	0.42 5.15	0.17 14.40	0.01 9.57		0.088 4.3.1-3b
		106.520	1.6E+04	892.618	0.02 -40.46					
119 K+Y	238 274	COMB 0.7874	35.43 0.984	-54.56 -0.33	6.89 25.66	0.90 5.15	0.10 14.40	0.13 9.58		0.185 4.3.1-3b
		106.520	1.6E+04	892.618	0.09 24.72					
70/30										
119 K	238 277	COMB 0.7016	35.43 0.984	-22.19 0.13	7.98 15.77	0.33 5.15	0.07 14.40	0.07 9.58		0.069 4.3.1-3b
		106.520	1.6E+04	892.618	-0.01 19.30					
119 Y	238 298	COMB 0.8289	35.43 0.984	-7.27 -0.19	2.39 -34.69	0.13 5.15	0.05 14.40	0.17 9.58		0.036 4.3.1-3b
		106.520	1.6E+04	892.618	-0.40 14.58					
119 K+Y	238 301	COMB 0.7253	35.43 0.984	9.90 -0.04	6.58 -107.23	0.15 5.15	0.00 14.40	0.44 9.58		0.056 4.3.1-3b
		106.520	1.6E+04	892.618	0.79 12.61					
61/39										
119 T	238 321	COMB 0.9932	35.43 0.984	-12.30 -0.64	-1.98 21.33	0.26 5.15	0.54 14.40	0.12 9.58		0.075 4.3.1-3b
		106.520	1.6E+04	892.618	0.10 -97.72					

#### 2.3.4. BATTER 1:14

JOINT GEOMETRY PART	CHORD BRACE	LOAD SIN (ANG) AX	ANAL-----SIZE OD TK IY SY	FX FY FZ	TORSION MY MZ	Vp-AX Vpa-AX	Vp-IPB Vpa-IPB	Vp-OPB Vpa-OPB	ACT-NF ALL-NF	ACTUAL/ALLOWABLE PROVISION NAME
116 T	239 253	N 0001 1.0000 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-0.14 -1.75 0.03	-0.21 8.59 143.21	0.00 5.24	0.90 14.40	0.01 9.85		0.040 ASD F4-1
116 T	239 254	N 0001 0.9975 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-1.03 -2.21 0.23	-0.02 -23.44 -246.30	0.02 5.24	1.54 14.40	0.15 9.85		0.073 ASD F4-1
116 Y	239 273	N 0001 0.7711 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	19.31 -1.03 -0.09	2.65 18.90 -39.19	0.31 5.16	0.16 14.40	0.10 9.59		0.070 4.3.1-3b
116 Y	239 294	N 0001 0.7608 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-5.46 -1.11 0.34	-3.46 -42.22 -67.36	0.09 5.16	0.29 14.40	0.18 9.59		0.034 ASD F4-1
116 T	239 320	N 0001 0.9985 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-0.35 -3.13 -0.10	5.82 -2.14 448.21	0.01 5.16	2.51 14.40	0.13 9.59		0.113 ASD F4-1
119 K+Y 68/32	245 274	COMB 0.7769 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-54.18 -0.34 0.09	6.70 25.08 25.11	0.89 5.14	0.10 14.40	0.12 9.56		0.181 4.3.1-3b
119 K	245 277	COMB 0.7030 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-20.78 0.13 -0.02	7.73 16.40 19.02	0.31 5.14	0.07 14.40	0.07 9.56		0.065 4.3.1-3b
119 Y	245 298	COMB 0.8144 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-7.85 -0.20 -0.40	2.49 -34.40 15.18	0.13 5.14	0.05 14.40	0.16 9.56		0.037 4.3.1-3b
119 K+Y 65/35	245 301	COMB 0.7239 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	10.38 -0.04 0.79	6.88 -104.94 11.63	0.16 5.14	0.01 14.40	0.43 9.56		0.057 4.3.1-3b
119 T	245 321	COMB 0.9950 106.520	35.43 0.984 1.6E+04 892.618	-12.52 -0.63 0.10	-2.05 21.67 -93.14	0.26 5.14	0.52 14.40	0.12 9.56		0.075 4.3.1-3b



2.4. DOUBLE BATTER KONDISI OPERASIONAL

2.4.1. BATTER 1:8

JOINT GEOMETRY PART	CHORD BRACE	LOAD SIN (ANG) AX	FINAL---- OD IY	SIZE TK SY	FX FY FZ	TORSION MY MZ	Vp-AX Vpa-AX	Vp-IPB Vpa-IPB	Vp-OPB Vpa-OPB	ACT-NF ALL-NF	ACTUAL/ALLOWABLE PROVISION NAME
115 T	237 253	N 0001 0.9924 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-1.70 -2.73 -0.03	0.35 11.15 -388.73	0.04 5.22	2.40 14.40	0.23 9.82		0.115 ASD F4-1
115 T	237 256	N 0001 0.9924 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	0.22 -2.66 -0.17	0.02 -19.17 363.62	0.00 5.22	2.23 14.40	0.40 9.82		0.103 ASD F4-1
115 Y	237 269	N 0001 0.7785 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-30.61 -1.31 0.19	-1.24 -33.56 -110.97	0.50 5.14	0.46 14.40	0.22 9.56		0.123 4.3.1-3b
115 Y	237 293	N 0001 0.7785 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-9.66 -1.29 0.10	2.53 -4.59 -89.08	0.16 5.14	0.39 14.40	0.04 9.56		0.048 4.3.1-3b
115 Y	237 317	N 0001 0.9847 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-1.51 -4.22 0.08	-4.27 0.34 -829.97	0.03 5.14	4.60 14.40	0.00 9.56		0.213 ASD F4-1
115 T	237 253	COMB 0.9924 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-4.54 -0.62 -0.03	0.36 11.09 -99.82	0.10 5.22	0.62 14.40	0.01 9.82		0.047 ASD F4-1
115 T	238 253	N 0001 0.9924 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-1.70 -2.73 -0.03	0.35 11.15 -388.73	0.04 5.25	2.40 14.40	0.23 9.86		0.115 ASD F4-1
115 T	238 256	N 0001 0.9924 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	0.22 -2.66 -0.17	0.02 -19.17 363.62	0.00 5.25	2.23 14.40	0.40 9.86		0.103 ASD F4-1
115 Y	238 269	N 0001 0.7785 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-30.61 -1.31 0.19	-1.24 -33.56 -110.97	0.50 5.17	0.46 14.40	0.22 9.59		0.122 4.3.1-3b
115 Y	238 293	N 0001 0.7785 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-9.66 -1.29 0.10	2.53 -4.59 -89.08	0.16 5.17	0.39 14.40	0.04 9.59		0.048 4.3.1-3b
115 Y	238 317	N 0001 0.9847 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-1.51 -4.22 0.08	-4.27 0.34 -829.97	0.03 5.17	4.60 14.40	0.00 9.59		0.213 ASD F4-1
115 T	238 253	COMB 0.9924 106.520	35.43 1.6E+04	0.984 892.618	-4.54 -0.62 -0.03	0.36 11.09 -99.82	0.10 5.22	0.62 14.40	0.01 9.82		0.047 ASD F4-1

2.4.2. BATTER 1:10

JOINT GEOMETRY PART	CHORD BRACE	LOAD SIN (ANG) AX	FINAL----SIZE OD TK SY	FX FY FZ	TORSION MY MZ	Vp-AX Vpa-AX	Vp-IPB Vpa-IPB	Vp-OPB Vpa-OPB	ACT-NF ALL-NF	ACTUAL/ALLOWABLE PROVISION NAME	
115 K+Y  7/93	237	N 0001	35.43	0.984	-9.49	1.43	0.15	0.35	0.02	24.97	0.066
	293	0.7716			-1.20	-13.31	6.00	14.40	9.59	378.66	ASD F4-1
		106.520	1.6E+04	892.618	0.15	-78.82					
115 T  7/93	237	N 0001	35.43	0.984	-0.93	-4.80	0.02	3.89	0.01		0.178
	317	0.9901			-3.87	1.44	5.17	14.40	9.59		ASD F4-1
		106.520	1.6E+04	892.618	0.07	-698.33					
115 T  7/93	237	COMB	35.43	0.984	-4.72	0.30	0.10	0.56	0.01		0.045
	253	0.9951			-0.58	10.58	5.22	14.40	9.82		ASD F4-1
		106.520	1.6E+04	892.618	-0.03	-89.97					
115 K  7/93	237	COMB	35.43	0.984	3.12	0.02	0.07	0.38	0.15	18.58	0.067
	256	0.9951			-0.50	-17.31	5.97	14.40	9.82	277.63	ASD F4-1
		106.520	1.6E+04	892.618	-0.17	62.38					
115 Y  7/93	237	COMB	35.43	0.984	-14.37	1.66	0.23	0.12	0.02		0.051
	269	0.7716			-0.24	-1.61	5.14	14.40	9.56		4.3.1-3b
		106.520	1.6E+04	892.618	0.04	-27.28					
115 K+Y  7/93	238	N 0001	35.43	0.984	-9.49	1.43	0.15	0.35	0.02		0.045
	293	0.7716			-1.20	-13.31	5.17	14.40	9.59		4.3.1-3b
		106.520	1.6E+04	892.618	0.15	-78.82					
115 T  7/93	238	N 0001	35.43	0.984	-0.93	-4.80	0.02	3.89	0.01		0.178
	317	0.9901			-3.87	1.44	5.17	14.40	9.59		ASD F4-1
		106.520	1.6E+04	892.618	0.07	-698.33					
115 T  7/93	238	COMB	35.43	0.984	-4.72	0.30	0.10	0.56	0.01		0.045
	253	0.9951			-0.58	10.58	5.22	14.40	9.82		ASD F4-1
		106.520	1.6E+04	892.618	-0.03	-89.97					
115 K  7/93	238	COMB	35.43	0.984	3.12	0.02	0.07	0.38	0.15	0.68	0.031
	256	0.9951			-0.50	-17.31	5.97	14.40	9.82	277.61	ASD F4-1
		106.520	1.6E+04	892.618	-0.17	62.38					
115 Y  7/93	238	COMB	35.43	0.984	-14.37	1.66	0.23	0.12	0.02		0.051
	269	0.7716			-0.24	-1.61	5.14	14.40	9.56		4.3.1-3b
		106.520	1.6E+04	892.618	0.04	-27.28					

2.4.3. BATTER 1:12

JOINT GEOMETRY PART	CHORD BRACE	LOAD SIN (ANG) AX	FINAL OD IY	---SIZE TK SY	FX FY FZ	TORSION MY MZ	Vp-AX Vpa-AX	Vp-IPB Vpa-IPB	Vp-OPB Vpa-OPB	ACT-NF ALL-NF	ACTUAL/ALLOWABLE PROVISION NAME
115 K+Y	237 293	N 0001 0.7653	35.43	0.984	-9.48 -1.14 0.17	0.84 -17.82 -72.86	0.15 6.00	0.32 14.40	0.04 9.59	24.82 381.76	0.065 ASD F4-1
13/87											
115 T	237 317	N 0001 0.9931	35.43	0.984	-0.55 -3.64 0.07	-5.24 2.08 -617.53	0.01 5.17	3.45 14.40	0.01 9.59		0.156 ASD F4-1
115 T	237 253	COMB 0.9966	35.43	0.984	-4.86 -0.56 -0.03	0.28 10.19 -84.46	0.11 5.22	0.53 14.40	0.02 9.83		0.044 ASD F4-1
115 K	237 256	COMB 0.9966	35.43	0.984	3.16 -0.47 -0.16	0.02 -15.84 54.77	0.07 5.97	0.33 14.40	0.13 9.83	18.87 277.27	0.068 ASD F4-1
115 Y	237 269	COMB 0.7653	35.43	0.984	-14.44 -0.23 0.03	1.69 0.08 -26.75	0.23 5.14	0.11 14.40	0.01 9.56		0.050 4.3.1-3b
115 K+Y	238 293	N 0001 0.7654	35.43	0.984	-9.48 -1.14 0.17	0.84 -17.82 -72.86	0.15 5.17	0.32 14.40	0.04 9.59		0.043 4.3.1-3b
13/87											
115 T	238 317	N 0001 0.9931	35.43	0.984	-0.55 -3.64 0.07	-5.24 2.08 -617.53	0.01 5.17	3.45 14.40	0.01 9.59		0.156 ASD F4-1
115 T	238 253	COMB 0.9966	35.43	0.984	-4.86 -0.56 -0.03	0.28 10.19 -84.46	0.11 5.22	0.53 14.40	0.02 9.82		0.044 ASD F4-1
115 K	238 256	COMB 0.9966	35.43	0.984	3.16 -0.47 -0.16	0.02 -15.84 54.77	0.07 5.97	0.33 14.40	0.13 9.82	0.68 277.25	0.029 ASD F4-1
115 Y	238 269	COMB 0.7654	35.43	0.984	-14.44 -0.23 0.03	1.69 0.08 -26.75	0.23 5.14	0.11 14.40	0.01 9.56		0.050 4.3.1-3b

2.4.4. BATTER 1:14

JOINT GEOMETRY PART	CHORD BRACE	LOAD SIN (ANG) AX	FINAL OD IY	---SIZE TK SY	FX FY FZ	TORSION MY MZ	Vp-AX Vpa-AX	Vp-IPB Vpa-IPB	Vp-OPB Vpa-OPB	ACT-NF ALL-NF	ACTUAL/ALLOWABLE PROVISION NAME
115 K+Y	237 293	N 0001 0.7601	35.43	0.984	-9.53 -1.10 0.19	0.46 -20.42 -69.01	0.15 6.00	0.30 14.40	0.06 9.59	24.80 384.39	0.065 ASD F4-1
18/82											
115 T	237 317	N 0001 0.9949	35.43	0.984	-0.27 -3.47 0.07	-5.61 2.47 -563.28	0.01 5.17	3.15 14.40	0.01 9.59		0.142 ASD F4-1
115 T	237 253	COMB 0.9975	35.43	0.984	-4.99 -0.55 -0.03	0.26 9.87 -81.11	0.11 5.22	0.51 14.40	0.03 9.83		0.044 ASD F4-1
115 K	237 256	COMB 0.9975	35.43	0.984	3.22 -0.45 -0.16	0.02 -14.72 49.62	0.07 5.97	0.30 14.40	0.11 9.83	19.14 277.05	0.069 ASD F4-1
115 Y	237 269	COMB 0.7601	35.43	0.984	-14.57 -0.22 0.02	1.68 1.13 -26.59	0.23 5.14	0.11 14.40	0.01 9.56		0.050 4.3.1-3b
115 K+Y	238 293	N 0001 0.7601	35.43	0.984	-9.53 -1.10 0.19	0.46 -20.42 -69.01	0.15 5.17	0.30 14.40	0.06 9.59		0.043 4.3.1-3b
18/82											
115 T	238 317	N 0001 0.9949	35.43	0.984	-0.27 -3.47 0.07	-5.61 2.47 -563.28	0.01 5.17	3.15 14.40	0.01 9.59		0.142 ASD F4-1
115 T	238 253	COMB 0.9975	35.43	0.984	-4.99 -0.55 -0.03	0.26 9.87 -81.11	0.11 5.22	0.51 14.40	0.03 9.83		0.044 ASD F4-1
115 K	238 256	COMB 0.9975	35.43	0.984	3.22 -0.45 -0.16	0.02 -14.72 49.62	0.07 5.97	0.30 14.40	0.11 9.83	0.69 277.04	0.027 ASD F4-1
115 Y	238 269	COMB 0.7601	35.43	0.984	-14.57 -0.22 0.02	1.68 1.13 -26.59	0.23 5.14	0.11 14.40	0.01 9.56		0.050 4.3.1-3b

3. FATIGUE  
3.1. SINGLE BATTER  
3.1.1. BATTER 1:8

ACTIVE UNITS INCH KIP DEG DEGF SEC  
FATIGUE MEMBER LIFE REPORT -- DISCRETE

MEMBER	JOINT	POINT	CUMULATIVE DAMAGE*1000	PREDICTED LIFE YEARS	RELATIVE	MAXIMUM STRESS AMP	EXCEEDANCES (N)	POINT
304	136	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
	126	1	4.1457	2412.12	0.0002	50.0	0.0	1
305	121	1	0.0292	342020.19	0.0342	50.0	0.0	1
	135	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
306	135	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
	120	1	6.5219	1533.30	0.0002	50.0	0.0	5
307	125	1	0.0449	222628.58	0.0223	50.0	0.0	1
	136	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
308	136	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
	124	1	0.1362	73448.06	0.0073	50.0	0.0	5
309	120	1	81.7796	122.28	0.0000	50.0	0.0	1
	137	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
310	124	1	0.4285	23335.77	0.0023	50.0	0.0	1
	138	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
313	122	5	0.3596	27809.59	0.0028	50.0	0.0	5
	137	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
315	126	5	101.3963	98.62	0.0000	50.0	0.0	5
	138	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
317	115	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
	139	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1

3.1.2. BATTER 1:10

ACTIVE UNITS INCH KIP DEG DEGF SEC  
FATIGUE MEMBER LIFE REPORT -- DISCRETE

MEMBER	JOINT	POINT	CUMULATIVE DAMAGE*1000	PREDICTED LIFE YEARS	RELATIVE	MAXIMUM STRESS AMP	EXCEEDANCES (N)	POINT
301	119	1	0.0427	234452.47	0.0234	50.0	0.0	1
	135	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
302	123	1	0.0459	217948.48	0.0218	50.0	0.0	1
	136	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
303	135	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
	122	1	0.0830	120431.36	0.0120	50.0	0.0	1
304	136	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
	126	5	0.2696	37097.91	0.0037	50.0	0.0	1
305	121	1	0.0278	359889.94	0.0360	50.0	0.0	1
	135	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
306	135	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
	120	1	1.7585	5686.64	0.0006	50.0	0.0	5
307	125	5	0.0245	407782.91	0.0408	50.0	0.0	1
	136	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
308	136	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
	124	1	0.0662	151038.97	0.0151	50.0	0.0	1
309	120	1	44.3200	225.63	0.0000	50.0	0.0	1
	137	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
310	124	1	0.2492	40129.25	0.0040	50.0	0.0	1
	138	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
313	122	5	0.3144	31809.11	0.0032	50.0	0.0	5
	137	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
315	126	5	45.3397	220.56	0.0000	50.0	0.0	5
	138	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1
317	115	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1



3.2.3. BATTER 1:12

ACTIVE UNITS INCH KIP DEG DEGF SEC FATIGUE MEMBER LIFE REPORT -- DISCRETE									
MEMBER	JOINT	POINT	CUMULATIVE DAMAGE*1000	PREDICTED LIFE		MAXIMUM	EXCEEDANCES	POINT	
				YEARS	RELATIVE	STRESS AMP	(N)		
301	119	1	0.0102	979089.56	0.0979	50.0	0.0	1	
	135	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
302	123	1	0.0335	298708.81	0.0299	50.0	0.0	1	
	136	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
303	135	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
	122	1	0.0486	205703.27	0.0206	50.0	0.0	1	
304	136	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
	126	1	0.0763	131123.83	0.0131	50.0	0.0	1	
305	121	1	0.0478	209225.66	0.0209	50.0	0.0	1	
	135	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
306	135	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
	120	5	0.2059	48568.60	0.0049	50.0	0.0	5	
307	125	5	0.0123	815550.88	0.0816	50.0	0.0	1	
	136	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
308	136	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
	124	1	0.0353	263411.25	0.0283	50.0	0.0	1	
309	120	1	15.0941	662.51	0.0001	50.0	0.0	1	
	137	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
310	124	1	0.3242	30841.63	0.0031	50.0	0.0	1	
	138	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
313	122	5	0.2875	34780.45	0.0035	50.0	0.0	5	
	137	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
315	126	5	20.4520	488.95	0.0000	50.0	0.0	5	
	138	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
317	115	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
	139	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	

3.2.4. BATTER 1:14

ACTIVE UNITS INCH KIP DEG DEGF SEC FATIGUE MEMBER LIFE REPORT -- DISCRETE									
MEMBER	JOINT	POINT	CUMULATIVE DAMAGE*1000	PREDICTED LIFE		MAXIMUM	EXCEEDANCES	POINT	
				YEARS	RELATIVE	STRESS AMP	(N)		
302	123	1	0.0504	198455.31	0.0198	50.0	0.0	1	
	136	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
303	135	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
	122	1	0.0315	317954.84	0.0318	50.0	0.0	1	
304	136	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
	126	5	0.0361	276851.19	0.0277	50.0	0.0	1	
305	121	1	0.0697	143379.58	0.0143	50.0	0.0	1	
	135	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
306	135	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
	120	5	0.0742	134684.17	0.0135	50.0	0.0	5	
307	125	5	0.0104	960969.62	0.0961	50.0	0.0	1	
	136	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
308	136	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
	124	1	0.0233	429082.12	0.0429	50.0	0.0	1	
309	120	1	7.9488	1258.05	0.0001	50.0	0.0	1	
	137	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
310	124	1	0.3020	33114.68	0.0033	50.0	0.0	1	
	138	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
313	122	5	0.2763	36186.14	0.0036	50.0	0.0	5	
	137	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
315	126	5	11.1354	898.03	0.0001	50.0	0.0	5	
	138	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
317	115	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	
	139	1	0.0000	9999999.00	1.0000	50.0	0.0	1	